IL NUOVO CIMENTO

ANNO XIV.

IL NUOVO CIMENTO

GIORNALE DI FISICA, CHIMICA E STORIA NATURALE

Fondato in Pisa

DAI PROFESSORI MATTEUCCI E PIRIA

E CONTINUATO

DAI PROFESSORI DI SCIENZE FISICHE E NATURALI

DI PISA E DEL R. MUSEO DI FIRENZE

Tomo XXVIII.

PISA

TIP. PIERACCINI DIR. DA L. UNGHER

1867

SULLA NATURA DELL' ACIDO CONTENUTO NEI FRUTTI DI UNA SOLANACEA (*CYPHOMANDRA BETACEA.* SENDTN) — RICERCHE DI O. SILVESTRI.

Trovasi quà e là sparsa nei giardini della Sicilia una pianta legnosa perenne, originaria della nuova Spagna o del Messico e di là diffusa nel Perù ed in gran parte dell' America meridionale, chiamata dagli indigeni *Tomate de la pax* e dai botanici *Cyphomandra betacea* Sendtn o più anticamente *Solanam betaceum* Cavanilles. Questo frutice trasportato presso di noi al principio del secolo, forse alla venuta dei Cavalieri di Malta (1) giunge nel nostro clima all' altezza di quattro metri; in America il suo portamento ordinario è di cinque metri e caricasi di molti frutti sincarpi carnosi, specie di bacche succose che mature sono di un bel colore rosso arancione, di forma ovoide acuminata, di una grossezza poco minore a quella di un uovo di gallina, biloculari nel loro interno con due placente carnose che sostengono semi reniformi di colore biondo. In America questi frutti sono applicati allo stesso uso al quale presso noi si applica il pomodoro o *Solanum lycopersicon* e forse si è introdotta un tempo questa pianta in Sicilia per tentarne la medesima applicazione trovando quivi condizioni molto favorevoli

(1) Nel 1827 ne esistevano già alcune piante robuste nell'orto botanico di Palermo (Vedi Catalogo di Tineo del 1827).

al suo sviluppo; ma il sapore dell'estratto o conserva essendo troppo acido al gusto fece temere qualche sinistro effetto sull'economia animale e si rinunziò generalmente a farne uso sul bel principio.

Trovandosi una di queste piante carica di frutti nell'orto botanico della R. Università di Catania ed essendo stata messa gentilmente a mia disposizione dal Direttore del medesimo Prof. F. Tornabene, ne feci argomento di qualche ricerca, diretta principalmente a scoprire la natura del temuto acido che trovasi nel succo facile a spremersi in notevole quantità dai frutti summentovati.

Ciascun frutto prima della maturazione è di colore verde chiaro traversato longitudinalmente da macchie scure e pesa in media 23 grammi. I frutti maturi di colore arancio pesano invece in media 30 grammi. Per mezzo della pressione questi frutti fanno uscire dalla loro polpa un succo di una densità eguale a 1,033 (acqua = 1) e la cui quantità in peso relativamente al tessuto più solido è espressa dalle seguenti cifre.

1000 frutti verdi pesano 23 chil. di cui { ch. 18,23 (epicarpo e tessuto interno) / ch. 4,77 (succo)

1000 frutti maturi pes. 30 chil. di cui { ch. 15,83 (epicarpo e tessuto interno) / ch. 14,17 (succo),

Da queste cifre si deduce che nei frutti verdi il succo è contenuto nella proporzione del 17,72 per °/₀, nei frutti di colore arancio e maturi, la quantità n'è maggiore e giunge fino al 46,72 per °/₀. In ambedue i casi il succo presenta una reazione molto acida e specialmente quello che appartiene ai frutti immaturi, dappoichè una parte di questo acido si trasforma con la maturazione dei frutti e contribuisce alla produzione di una piccola dose di zucchero incristallizzabile che comunica all'estratto dei frutti maturi un sapore dolciastro e la proprietà di precipitare a caldo il sottossido idrato di rame a contatto del tartrato cupro-potassico.

Il succo spremuto dai frutti fatto bollire per coagularne le materie albuminoidi e filtrato per tela dà un liquido di densità = 1,049 di colore giallognolo opalino, molto acido. Operando su questo succo filtrato per cercare di separarne l' acido mi ha presentato dei caratteri tali da farmi ritenere in esso la presenza dell' acido citrico. Infatti il succo non precipita con cloruro di calcio nè a freddo nè a caldo, ma acquista questa proprietà quando sia neutralizzato con potassa o con ammoniaca e forma allora un precipitato insolubile nella potassa, solubile nel cloruro ammonico. Trattato con ammoniaca per neutralizzarlo, appena che questa è in leggiero eccesso esso prende un colore giallo bruno e fatto bollire anche senza precedente concentrazione, con cloruro di calcio dà un precipitato che intorbida notevolmente il liquido. Il precipitato raccolto su filtro e lavato ripetutamente con acqua ha un aspetto terroso bianco e rappresenta la combinazione dell' acido organico con la calce. 1000 grammi di succo danno in media 30 grammi di sale di calce.

Per ottenere l'acido separato dalla calce ho preso una piccola quantità del detto precipitato l'ho seccato a 100 gradi di temperatura, l' ho pesato e ne ho determinato esattamente la quantità di calce. Riferendomi a questa quantità di calce ho decomposto il precipitato con una proporzione equivalente di acido solforico allungato con acqua e così ho potuto avere l'acido organico libero sbarazzandolo con la concentrazione e filtrazione dal solfato di calce che vi resta in parte disciolto. Mentre il liquido era concentrato e denso messo sotto una campana con acido solforico, si è rappreso in massa incompletamente cristallina di un aspetto giallognolo molto acido e col gusto particolare dell' acido citrico.

L'acido così ottenuto facendolo bollire con acetato di rame ha precipitato una polvere cristallina di un bel colore verde ed oltre a questa apparenza ha presentato altri caratteri del sottocitrato di rame. Infatti raccolto su filtro questo sale verde e seccato spontaneamente mantiene il suo colore e presenta al microscopio una quantità di minuti romboedri : ma tenuto esposto per poco alla temperatura di 100 gradi diminuisce di peso circa del 5 per °/₀, perde dell'acqua di cri-

stallizzazione e prende un colore azzurrognolo. Ad una temperatura vicina a 180 gradi si decompone lasciando dell'ossido di rame.

Mi sono approfittato di questo sale di rame per ottenere l'acido libero anche maggiormente puro di quello che aveva ottenuto con la decomposizione del sale di calce per mezzo dell'acido solforico. Ho decomposto il sale di rame con acido solfidrico ed ho potuto avere un liquido che mi ha dato con la concentrazione l'acido purissimo. — L'acido purissimo neutralizzato con ammoniaca e trattato a caldo con nitrato di argento mi ha dato da prima un precipitato bianco fioccoso che poi con la ebullizione ha preso l'aspetto di un precipitato bianco pulverulento e pesante: questo precipitato raccolto e seccato è capace sotto l'azione del riscaldamento di decomporsi con deflagrazione lasciando dell'argento allo stato metallico. 100 parti di sale puro di argento lasciano con la combustione 62,89 di argento: il calcolo darebbe per il citrato di argento 63,15.

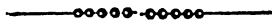
I resultati dell'analisi elementare fatta sull'acido isolato e puro sono i seguenti:

	analisi	*calcolo*
Carbonio. . . .	37,25	37,50
Idrogeno	4,28	4,17
Ossigeno	58,47	58,33
	100,00	100,00

Queste cifre insieme alla quantità di argento contenuto nel sale argentico ottenuto con l'acido organico di cui trattasi, corrispondono dunque a ciò che darebbe il calcolo per l'acido citrico e deducendo infatti da questo dato la formula che rappresenta la composizione dell'acido in esame, questa viene rappresentata da $C^{12}H^{8}O^{14}$. $C^{6}H^{8}O^{7}$ che è quella assegnata all'acido citrico.

Da tutto ciò che precede non vi è dunque dubbio che l'acido contenuto nei frutti della *Cyphomandra betacea* è l'acido citrico: ma oltre a ciò posso aggiungere che sottoposto ad un esame per il modo di comportarsi in confronto agli acidi tartarico e malico i quali sono pure frequenti nei frutti ed hanno molta analogia con l'acido citrico, ho trovato che differisce dal

primo perchè non precipita direttamente con acqua di calce e solo a contatto di questa si intorbida con prolungata ebullizione; in secondo luogo perçhè non precipita con la potassa. Differisce essenzialmente dal secondo per il carattere di poter dare un precitato con cloruro di calcio dopo la saturazione con ammoniaca anche con liquidi diluiti. Finalmente poichè nello studio dei corpi io ricorro sempre quando è possibile all' osservazione microscopica, ho ricercato con questo mezzo il carattere della cristallizzazione. Ho preso delle goccie di soluzione acquosa di acido citrico, di acido ottenuto dai frutti, di acido tartarico e di acido malico; le ho fatte spontaneamente cristallizzare su laminette di cristallo ed osservandole poi con sufficiente ingrandimento ho veduto dei graziosi cristalli tra i quali quelli dell' acido citrico e dell' acido in esame erano di forme esagonali, perfettamente identiche tra loro e differenti da quelle dell' acido malico e tartarico.

Riconosciuta così in modo evidente la presenza dell' acido citrico nei frutti presi in esame ne ho determinata la quantità che ho trovato variare dall' 1 all' 1,5 per °/₀ a seconda del punto di maturazione. Si sapeva già che nel pomodoro ordinario esisteva l' acido citrico (1); con queste ricerche di cui ho esposto i resultati si aggiunge un' altra pianta appartenente alla stessa famiglia delle solanacee, ma a portamento legnoso i cui abbondanti frutti contengono il medesimo principio acido.

(1) È al Prof. Cesare Bertagnini della R. Università di Pisa che devesi questa conoscenza.

INTORNO ALLA SATURAZIONE DELLE ELETTRO-CALAMITE; DI JULIUS DUB (1).

(Estratto da E. VILLARI).

È già conosciuto come la legge stabilita dal Lenz e dall'Jacobi sin dal 1839 intorno ad una assoluta proporzionalità tra la forza magnetizzante ed il magnetismo di un'asta di ferro, sia dalle esperienze di diversi fisici stata dimostrata inesatta almeno al di là di un determinato limite. Però i fisici non sono perfettamente d'accordo nello stabilire quando vi è una tale proporzionalità e come e quando da essa il magnetismo indotto in una verga se ne allontana. Nel lavoro, di cui qui appresso daremo un brevissimo cenno, il Dub risponde più minutamente che i suoi predecessori alle due quistioni suddette.

In queste ricerche l'Autore ha adoperato aste di ferro di varie grossezze, comprese tra $\frac{1}{8}''$ ed 1''; le verghe più grosse furono ritenute inutili giacchè la spirale adoperata non avrebbe potuto impartirle il massimo di saturazione: la loro lunghezza era compresa tra 4'' e 36''. Il magnetismo nelle sbarre era prodotto da una spirale di circa 1500 giri di filo di rame grosso 2^{mm} e coperto di seta: essa era lunga 12'' di un diametro interno di 1'' e di uno esterno di $2\frac{3}{4}''$. La corrente

(1) *Poggendorff's Annalen.* Bd. 135, p. 56, 1868.

era fornita da 5 elementi alla Grove, nel cui circuito oltre la spirale suddetta si trovava una bussola delle tangenti ed un reostata, onde poter misurare e modificare insieme lentamente la intensità della corrente. Il magnetismo delle sbarre veniva misurato con ogni precauzione per mezzo di un ago da bussola sospeso ad un filo di bozzolo, e così che si potevano misurare i quarti di grado. Le osservazioni poi in ogni misura erano per lo meno eseguite due volte, facendo agire la corrente magnetizzante in due direzioni opposte. Qualche volta finalmente il Dub, specialmente adoperando delle piccole aste di ferro, adoperò un' altra spirale a larghi giri e così posta da neutralizzare gli effetti della prima sulla deviazione dell' ago.

In concordanza adunque con altri sperimentatori il Dub ritrova che: *in generale il magnetismo cresce proporzionalmente alla forza magnetizzante sino ad un determinato limite. Da questo punto in là* (che l' Autore chiama punto di *saturazione) si manifesta la saturazione, la quale produce una diminuzione nel rapporto tra il magnetismo e la forza magnetizzante.*

Facciamo eziandio notare che l' Autore, conformemente alle anteriori ricerche del Wiedmann, ritrova che quando si è molto lontani dal punto di saturazione l' aumento del magnetismo cresce un poco più celeremente della forza magnetizzante. Il Dub crede probabile che questa deviazione tenga alla forza coercitiva sempre esistente nel ferro. Che che ne sia, ulteriori ricerche sono necessarie per definire una tale quistione.

Definita così la legge della proporzionalità tra la forza magnetizzante ed il magnetismo da essa prodotto, viene discussa ancora dal Dub la quistione dell' influenza, che esercitano il diametro e la lunghezza di una verga sul suo momento magnetico.

Intorno ad un tale punto vi sono molte ricerche, tra le quali quelle del Müller sono da annoverarsi fra le più importanti. Egli per molte esperienze stabilisce una formolâ empirica, dalla quale si ricava che per produrre in aste di ferro diversamente grosse una parte aliquota del massimo del suo

magnetismo bisogna adoperare delle correnti proporzionali alla radice quadrata della terza potenza dei diametri.

Relativamente poi alla lunghezza, dice il Müller che per produrre in aste diversamente lunghe la medesima parte aliquota del massimo di magnetismo bisogna adoperare delle correnti, che sieno in ragione inversa della radice quadrata della lunghezza delle sbarre.

Entrambi queste leggi non sono però dal Müller (come dice il Dub) state direttamente confermate dall'esperienza: laonde egli esegue sul proposito una serie di ricerche. Ed in prima egli osservando la intensità della corrente necessaria per produrre il punto di saturazione in aste della stessa lunghezza, ma diversamente grosse trova con grandissima approssimazione vera la legge del Müller relativamente ai diametri, che cioè la saturazione ha luogo in diverse aste di ferro, magnetizzate da una spirale che abbia una lunghezza corrispondente al suo diametro, con correnti che sono come la $\frac{3}{2}$ potenza del diametro.

Relativamente alle lunghezze, l'Autore sperimenta con la spirale precedentemente adoperata e della lunghezza di 12″; nella quale vi introduce successivamente aste di vario diametro e lunghezza; e ritrova come già avanti aveva anche osservato (1) che *lo stato di saturazione avviene più presto con una sbarra lunga che con una corta:* in modo che adoperando delle aste le cui lunghezze sono nel rapporto di 12 : 9 : 4 le correnti che producono saturazione stanno tra loro come 5 : 7 : 17. Cioè si vede che la intensità della corrente del punto di saturazione cresce più rapidamente che non decresce la lunghezza delle aste. Da ultimo l'Autore adopera delle aste il doppio più lunghe delle spirali ed osserva che queste anche più facilmente che quelle della lunghezza della spirale si saturano. Laonde a buon diritto si può concludere che la lunghezza della spirale sulla produzione della saturazione vi ha piccola influenza, comparata con quella dovuta alla lunghezza delle aste che si magnetizzano. Adoperando quindi una sola spirale per aste diversamente

(1) *Pogg. Ann.* Bd. 120, s. 577.

lunghe non si potrà mai ricavare, oltre il già detto, la legge esatta della influenza che esercita la lunghezza delle aste sul loro momento magnetico.

Egli è intanto assai facile il comprendere l'influenza della lunghezza delle aste sulla produzione della saturazione. Si sa infatti che l'aggiunta di un'ancora contro una calamita ne aumenta istantaneamente il suo magnetismo, per cui si dovrà più facilmente saturare una calamita munita di un'ancora che una che ne sia sprovvista. Ed è altresì manifesto che una sbarra lunga si possa considerare come una corta con l'aggiunta di un'ancora; per cui le aste lunghe *celeris paribus* si saturano più facilmente che quelle corte.

Aggiungeremo inoltre che la saturazione non avviene sempre in una verga con la medesima quantità di magnetismo. Ed in vero si sa che le diverse sezioni di una sbarra magnetizzata da una spirale non hanno la stessa intensità magnetica in tutte le sezioni e che essa è maggiore nel mezzo dell'asta, percui la saturazione quivi più facilmente che altrove si manifesta. Percui quando i giri di una spirale sono ammassati solo nel mezzo di una sbarra questa mostra più facilmente la saturazione e con minor magnetismo di quello che si mostrerebbe quando i giri della spirale fossero uniformemente espansi su tutta la lunghezza della verga.

E qui è quasi superfluo l'aggiungere che i fenomeni della saturazione in un'asta si mostrano non appena essa si sia manifestata in un punto solo della sua lunghezza.

Ecco intanto come possiamo comprendere le leggi del magnetismo che una spirale magnetizzante induce in un'asta di ferro. « Supponiamo per un momento (dice l'Autore) che la « forza magnetizzante la quale produce la saturazione fosse « proporzionale al numero di parti di ferro contenute in « ciascuna sezione, ne seguirà che la forza magnetizzante, « la quale produce la saturazione di un'asta cilindrica di « ferro, dovrà essere proporzionale al quadrato del diametro « della stessa asta. E siccome il magnetismo di tutta la sbar- « ra cresce proporzionalmente alla radice quadrata del dia- « metro, così ne segue che la saturazione deve manifestarsi « più presto, nel rapporto di $\sqrt{d}$; quando per d si denoti il dia-

« metro della sbarra. La forza magnetizzante adunque che
« produce la saturazione in aste di diverso diametro deve
« stare nel rapporto di

$$\frac{d^2}{\sqrt{d}} = d^{\frac{3}{2}}$$

« concordemente alla legge stabilita dal Müller.

« In aste di diversa lunghezza e del medesimo diametro
« non varia il numero delle parti di ciascuna sezione. Deve
« adunque per questo lato manifestarsi la saturazione con la
« medesima forza magnetizzante. Come però il magnetismo cre-
« sce proporzionalmente alla radice quadrata delle lunghezze,
« quando *l'egual numero di giri* proporzionalmente a queste
« lunghezze è sulle medesime distribuito, così ne segue in
« questo caso che la forza magnetizzante che produce la sa-
« turazione deve essere in ragione inversa di $\sqrt{l}$ quando l
« indica la lunghezza dell'asta.

« È altresì stabilito che il magnetismo cresce proporzio-
« nalmente alla spirale; per cui la intensità della corrente che
« produce la saturazione deve essere in ragione inversa di $l\sqrt{l}$
« quando aste diversamente lunghe vengono inviluppate da un
« numero di giri proporzionali alla loro lunghezza. Le verghe
« così inviluppate da un numero di giri proporzionali alla lun-
« ghezza delle aste l'Autore le dice *similmente inviluppate.*

« Laonde la corrente produttrice della saturazione sa-
« rebbe proporzionale alla potenza $\frac{3}{2}$ del diametro ed inver-
« samente proporzionale alla potenza $\frac{3}{2}$ della lunghezza di
« sbarre similmente inviluppate.

« Per confermare la esattezza di una tale legge scelsi il
« caso più semplice. Se cioè è esatta la formola:

$$X = \frac{d\sqrt{d}}{l\sqrt{l}}$$

« ove X indica l'intensità della corrente ne segue che aste
« simili, con simili inviluppi, debbono saturarsi con la mede-
« sima intensità di correnti ».

Cotali risultati adunque il Dub conferma con l'espe-

rienza per cui risultano vere le fatte supposizioni. Potremo adunque così esprimere in breve le conseguenze ricavate dal Dub.

1.° Che le tangenti dell' intensità delle correnti, che producono la saturazione magnetica in aste di lunghezza ed inviluppi simili, sono come le potenze $\frac{3}{2}$ dei loro diametri.

2.° Le tangenti delle correnti, che producono la saturazione in aste di ferro di eguali diametri inviluppate dallo stesso numero di giri sparsi analogamente su tutta la lunghezza delle aste, sono inversamente proporzionali alla radice quadrata della lunghezza delle sbarre.

3.° Le tangenti delle intensità delle correnti, che producono la saturazione in aste di eguali diametri ed inviluppate da un numero di giri proporzionale alla loro lunghezza ed a quella della spirale, inviluppate cioè in un modo simile, sono proporzionali alla potenza $\frac{3}{2}$ della lunghezza.

4.° Se sopra una qualunque asta di ferro si avvolga uniformemente su tutta la sua lunghezza il medesimo numero di giri di una spirale d' un diametro proporzionale a quello della verga si avrà:

$$T = \frac{d\sqrt{d}}{\sqrt{l}}$$

indicando con T la intensità della corrente e con d ed l i valori che sopra.

5.° Ed invece si avrà la formola:

$$T = \frac{d\sqrt{d}}{l\sqrt{l}}$$

quando s' inviluppano cilindri di ferro similmente, cioè così che il numero dei giri e la lunghezza e larghezza della spirale magnetizzante sieno proporzionali alla lunghezza ed al diametro dei cilindri.

Per cui in aste simili e similmente inviluppate si manifesta la saturazione con la medesima intensità della corrente.

Finalmente come un ultimo risultato di ulteriori esperimenti fatti dal Dub con spirali di diverso diametro e magnetizzanti una medesima asta possiamo dire che:

Il momento magnetico di una sbarra di ferro è di circa il 10 per cento maggiore quando è magnetizzata da una spirale strettamente adattata sull' asta, che quando è magnetizzata da una spirale del medesimo effetto galvanometrico della prima, ma di un diametro all' incirca doppio di essa.

L'AURORA BOREALE O LUCE POLARE: SUOI FENOMENI E LEGGI; PER ELIA LOOMIS PROF. DI FISICA E DI ASTRONOMIA NEL COLLEGIO DI JALE.

(Estratto del Dott. C. MARANGONI)

I. *Parte descrittiva.*

L' aurora polare si mostra con varie apparenze, ma ognuna può essere riferita a uno dei seguenti tipi.

1. Una luce all' orizzonte simile all' aurora del mattino ma che distinguesi da questa per la sua posizione nel cielo; negli stati uniti la si vede verso il Nord. Questa è la forma più comune.

2. Un arco di luce simile all' *arcobaleno* diretto da Est a Ovest e che taglia il meridiano magnetico ad angolo retto. Quando l' aurora è molto brillante si vedono più archi paralleli e distinti che arrivano a 4, o 5, e ne furono contati in un caso fino a 9 contemporaneamente.

3. Delle *strisce luminose* strette e lunghe da 30°, a 50° e fino a 70° che s' innalzano a varia altezza e talvolta passano lo zenit. Queste strisce durano generalmente pochi minuti ma qualche volta la loro durata arriva ad un' ora; talvolta ferme, tal altra dotate d' un rapido movimento laterale. Il loro colore varia dal giallo pallido, al rossiccio, al cremisi e al rosso sanguigno. Le cime delle strisce sono spesso acuminate e fluttuanti come la fiamma dell' alcool.

Talvolta le strisce sono intersecate da raggi oscuri somiglianti a denso fumo.

4 La *corona* è costituita da lunghe strisce di fuoco che partono simultaneamente da tutti i punti dell'orizzonte e vanno a convergere in un punto un po' al Sud dello zenit formando un padiglione di fiamme tremolanti. Il cielo rassomiglia ad una cupola infuocata e la corona sembra sostenuta da colonne di fuoco dei più vaghi colori, soventi percorse da ondate, o da scintille di luce. La corona per tanta varietà di fenomeni può chiamarsi un' aurora completa.

La sua durata è raramente maggiore di un' ora. Dopo questo tempo le strisce luminose scemano di colore e di numero; gli archi si rompono e nello stesso tempo si vede all' orizzonte verso il Nord un *segmento oscuro* nel cielo e infine non rimangono che dei gruppi leggieri di *cirrocumuli*.

Nelle più grandi apparizioni aurorali si videro delle nuvole delicate e fibrose girare per l'atmosfera; al mattino dopo si videro le stesse nuvole che la sera avanti erano state luminose, e accadde anche di vedere queste nuvole atteggiarsi, di giorno, nella forma stessa dell' aurora per cui tali congiunture si chiamano *aurore diurne*.

5. *Onde o scintille di luce*. Talvolta si vedono le strisce luminose tremolare e scorrere lungh' esse delle scintille o delle onde luminose verso lo zenit; tale altra invece esse scorrono lungo l'arco aurorale tanto dall' Est all' Ovest che nel verso opposto. Queste scintille danzanti hanno il nome di *ballerini allegri* (*merry-dancers*), e costituiscono il carattere più rimarchevole delle aurore di maggiore splendore.

La *durata* di un' aurora in generale può essere di una o due ore, e può estendersi a tutta una notte; alle volte si vede l' aurora in due notti successive, ciò che fa nascere il dubbio che l' aurora si continui anche nel giorno in modo da presentare una durata di 36, o di 48 ore. Nel Nord degli Stati Uniti fu veduta l' aurora ogni notte per più d'una settimana, e nella baia d' Hudson, per vari mesi senza interruzione.

Il *colore* dell' aurora è giallo pallido se la luce è debole; ma quando essa ha molto splendore presenta una grande varietà di colori; oltre al color giallo e alle varietà del rosso appare qualche volta anche il color verde smeraldo. Questi colori variano pure di posizione e d' intensità.

Le aurore si sono osservate simultaneamente su vari punti del globo fra loro a grande distanza, come sarebbe dalla California alle coste orientali dell' Europa, che distano di 140° in longitudine.

Segmento oscuro. — Nel Nord degli Stati Uniti ogni aurora è preceduta da un aspetto nuvoloso e color lavagna in quella parte del cielo che si trova al Nord specialmente all'orizzonte. Di mano in mano che l'aurora va spiegandosi questa tinta grigia assume la forma di un segmento di circolo che si alza gradatamente da 5,° a 10°. Questo segmento oscuro non è una nuvola perchè attraverso ad esso si scorgono le stelle come attraverso al fumo.

Secondo Struve questo segmento, che è là base di tutte le aurore boreali osservate a Dorpat (latit. 58.° 21' N.), altro non sarebbe che il cielo oscurato; poichè quando il segmento è stato molto oscuro ed elevato si vedevano attraverso di esso le stelle senza apprezzabile diminuzione di splendore. La sua tinta oscura è quindi dovuta al contrasto coll' arco luminoso.

La spedizione scientifica francese del 1838 sul mare artico dice nel suo rapporto: che il segmento oscuro era situato vicino al meridiano magnetico verso il Nord ed era illuminato dalla luce aurorale. Generalmente questa luce sembrava venire dal di dietro del segmento vicino all' orizzonte o anche sotto di esso. L'orlo inferiore dell' arco luminoso che corona il segmento era diffuso come risulterebbe dalla crescente densità di uno strato nuvoloso.

Una volta fu osservato il segmento oscuro verso il Sud ancora contornato dalla luce aurorale.

L' apparizione di un' aurora non è necessariamente preceduta dal segmento oscuro essendosi vedute molte belle aurore nelle quali il cielo era chiaro e d' un color turchino spiccato proprio all' orizzonte.

La luce delle stelle è poco diminuita attraverso l' aurora e le più piccole stelle possono esser vedute attraverso i raggi aurorali specialmente se sono deboli.

Il punto più alto del segmento oscuro è generalmente nel meridiano magnetico; pure in certe regioni vi sono delle cause costanti che le fanno spostare; ad Abo (latitud. 60°. 27' N) fu trovato a 11° all' ovest del meridiano magnetico.

Archi aurorali. — Il segmento oscuro è limitato da un arco luminoso che è largo da mezzo grado a 1° e, quando la sua larghezza cresce, il lembo superiore si sfuma in una luce diffusa. Se l'aurora è molto brillante si formano vari archi paralleli la cui sommità è pure molto vicina al meridiano magnetico. Nella Scandinavia si trovarono essere in media discosti di 6° quando gli archi erano bassi, e di 12° quando erano presso allo zenit.

Analoghi risultati si ebbero negli stati uniti. Se generalmente si dice che l'arco luminoso è perpendicolare al meridiano magnetico si deve ritenere ciò in via di approssimazione, essendo probabile che molte cause locali contribuiscano a deviare l'arco dalla detta direzione.

Forma degli archi aurorali. — Gli archi luminosi non sono mai sopra un circolo massimo della terra perchè i suoi estremi non tagliano l'orizzonte in due punti alla distanza di 180°, come mostrano le seguenti osservazioni di Lottin e Bravais fatte alla latitudine di 70°. Le 145 osservazioni da loro fatte furono riunite in gruppi in riguardo alla varia altezza dell'arco sull'orizzonte.

gruppi	*altezza*	*amplitudine*	*N.° osservazioni*
1	20°.2	137°.7	16
2	41.4	154.4	20
3	70.1	163.9	17
4	90.0	175.4	41
5	108.5	185.0	27
6	136.8	184.2	21
7	157.3	190.0	3

Le altezze sono misurate dall'orizzonte Nord, e l'amplitudine è la distanza angolare fra le due estremità dell'arco misurate sull'orizzonte dal lato Nord.

E riunendo le precedenti osservazioni in tre gruppi si ha:

	altezza	*amplitudine*	*N. osservaz.*
Archi settentrionali. .	44°.2	152°.4	53
„ zenitali	90. 0	175. 4	41
„ meridionali. . .	123. 0	184. 9	51

Inoltre, da accurate osservazioni fatte sopra 5, o 6 punti dell'arco si vide che esso è equidistante dalla superfice terrestre in ogni suo punto cioè, è parallelo alla superfice terrestre. In vicinanza all' orizzonte fu veduto l' arco assumere una forma elittica e le sue estremità ripiegarsi sopra se stesse ai vertici della curva come per ricongiungersi; e Hansteen dice d'aver visto a Cristiania (lat. 59°. 54') per due volte una ellissi quasi intiera.

Numero degli archi aurorali. — Le osservazioni di Lottin e Bravais ci forniscono ancora questi dati sul numero degli archi aurorali paralleli.

data	*N.° degli archi*
1839 2 Gennaio	9
„ 2 Novembre 24 Gennaio	7
„ 3 e 21 Gennaio	6
„ 7 „	5
„ 30 Settembre 15 Ottobre 25 Dicembre	4
Frequenti di	3
Frequentissimi di	2

Larghezza degli archi aurorali. — A Bossekop, il valor medio di 20 osservazioni di archi all' orizzonte Nord comprese entro 60° fu di 7°. Per archi prossimi allo zenit entro 30° al Nord e al Sud, fu di 25°, media di 15 osservazioni. Per gli archi al di là verso il Sud fu di 60° per media di 9 osservazioni. La larghezza degli archi aurorali va quindi aumentando a misura che si allontanano dall' orizzonte Nord.

Forme anormali degli archi. — Qualche volta i raggi aurorali si dispongono in modo da formare, invece di un arco, una superfice sinuosa che presenta la forma e l' ondulazione di una bandiera spiegata al vento, di una cortina brillante rientrante in se stessa o ripiegata come le spire di un serpente. È quindi evidente come una grande quantità di cause locali possa impedire che l' arco luminoso sia rigorosamente perpendicolare al meridiano magnetico.

Movimenti degli archi. — Gli archi aurorali sono in continuo moto. Generalmente procedono lentamente dal Nord al Sud; ma altri camminano nel verso opposto, e alcuni archi dopo essersi propagati dal Nord al Sud, e oltrepassato lo zenit si tennero per poco stazionari per retrocedere sul cammino percorso.

Dalle osservazioni di Lottin a Bossekop risulta che vi furono 60 casi di archi che si muovevano da Nord a Sud, e 39 casi da Sud a Nord. Inoltre il primo caso si verificò per 25 notti successive; il secondo per 11 notti successive e vi furono 17 notti nelle quali il movimento è stato alternativamente nell'uno e nell'altro verso.

Gli archi aurorali presentano qualche volta un movimento da Est a Ovest o viceversa, e qualche rara volta si vedono ruotare o nel verso del moto apparente del sole ovvero nel verso opposto.

La velocità del moto degli archi è molto variabile; essa arriva a 17° per minuto, ma frequentemente è di 5° per minuto, ciò che importerebbe, all' altezza di 125 miglia (201 chilometri) sopra la terra, la velocità di 1000 piedi (305 metri). La velocità delle strisce luminose fu trovata maggiore di quella degli archi aurorali.

Luce degli archi. — La luce degli archi è generalmente bianco-giallognola. Il lembo inferiore è meglio delineato del superiore il quale invece è generalmente diffuso e si confonde colla luce del cielo. Questa differenza dei due lembi è meno rimarchevole negli archi che veggonsi verso il Sud.

Struttura degli archi. — Generalmente gli archi aurorali tendono a dividersi in corti raggi che corrono nella direzione della larghezza dell' arco e convergono allo zenit magnetico. Sembrano quindi formati di fibre trasversali terminanti in una curva che è il bordo inferiore dell' arco. Questi *archi striati* sono i più frequenti, mentre è raro il vedere archi di uno splendore continuo e uniforme.

Quando i raggi trasversali dell' arco sono distinti ed isolati l' arco cresce in larghezza stendendosi verso lo zenit. Delle volte le strisce sono più larghe degli spazi oscuri e si ha l' apparenza singolare di *raggi oscuri*, o *strisce nere* perpendicolari all' arco luminoso. Quest' aspetto degli archi è caratteristico quando essi sono allo zenit.

Strisce aurorali. — La lunghezza delle strisce aurorali può variare da 2° a 3° fino a 90° e più; e la larghezza loro, da 10 minuti a 2°, o 3°. Le strisce più brillanti hanno i bordi meglio delineati; la parte inferiore è sempre meglio definita della superiore. Le stelle sono spesso visibili attraverso le strisce luminose; il cielo sembra più oscuro in prossimità di esse, probabilmente pel contrasto della luce.

Moto delle strisce aurorali — Le strisce si muovono nel senso della loro lunghezza dirigendosi ora verso lo zenit ora verso l' orizzonte; oppure si muovono lateralmente tanto da destra a sinistra quanto nel verso opposto. Questi movimenti possono esser rapidi, alcune strisce percorrono 90° in 27 secondi. Il movimento da Nord a Sud è più comune di quello da Sud a Nord; e il movimento da Est a Ovest è più comune di quello da Ovest a Est.

Le strisce si estendono all' insù e all' ingiù, ma più comunemente all' ingiù, e qualche volta nei due versi opposti contemporaneamente in un grande numero di strisce vicine. Quando una striscia si alza e si abbassa alternativamente si dice che *balla*. Questo fenomeno è comune specialmente nelle maggiori latitudini e porta il nome di *ballerini allegri*.

La corona. — Quando l' atmosfera è popolata da un grande numero di strisce separate, tutte parallele e nella direzione dell' ago d' inclinazione (secondo le regole di prospettiva) queste strisce sembrano convergere a un punto che è lo *zenit magnetico*; di qui la forma di una corona il cui centro è generalmente, ma non sempre, oscuro. Gli osservatori di Bossekop eseguirono 43 determinazioni della posizione del centro e lo trovarono, per medio, discosto di 1° dallo zenit magnetico, essendo state le differenze massime in un caso, di 15°, e in dne altri, di 12°.

Quantunque queste differenze potrebbero derivare in parte da errori di misure, che sono sempre incerte, pure sembra doversi concludere che le strisce non sono sempre rigorosamente parallele alla direzione dell' ago d' inclinazione.

Il passaggio di un arco striato pel zenit presenta ordinariamente, se cammina da Nord a Sud, prima di arrivare allo zenit magnetico, la forma di una mezza corona dal lato Nord; nel

momento che passa sullo zenit magnetico la corona è *completa*, di forma ellittica, i cui raggi scendono vicini all' orizzonte ai lati Est e Ovest; appena che l'arco ha passato lo zenit magnetico si vede una mezza corona verso il Sud.

Nuvole aurorali. — Quando un' aurora diminuisce di splendore le strisce s' indeboliscono, i bordi diventano diffusi diminuendo di lunghezza e aumentando di larghezza, allora l' aurora assume l' apparenza di nuvole luminose il cui contorno arrotondato è meno brillante della parte centrale. Qualche volta queste nuvole luminose hanno una struttura simile a quella dei *cirri*. Le nuvole aurorali appariscono sempre ad ora più avanzata di quella cui sogliono apparire gli archi e le strisce. Ecco il risultato medio di 37 osservazioni fatte a Bossekop:

	ore	*minuti*
Archi aurorali.	7	52
Strisce „	8	26
Nuvole „	11	18
Scomparsa dell' aurora . .	14	3

Vapore aurorale. — Durante l' apparizione delle più splendide aurore si vede frequentemente una specie di *annebbiamento*, un *vapore luminoso* che copre quasi l' intiera volta celeste. La sua luce può in alcuni casi eccedere talpoco quella della *via lattea*; è debole nella parte superiore del cielo, invece all' orizzonte questa luce può diventare tanto intensa da simulare un vasto incendio.

Questa differenza di splendore fra il vapore allo zenit e all' orizzonte prova che la sua grossezza verticale è piccola in paragone della sua estensione orizzontale. Qualche volta questa luce assomiglia al crepuscolo. Essa è dovuta a un' estrema diffusione degli archi aurorali che si vede a intervalli fra lo sparire e il ricomparire degli archi e delle strisce.

Colori dell' aurora. — Ordinariamente l' aurora è bianca, giallo-pallida, ovvero rossastra. Quando i movimenti delle strisce aurorali diventano rapidi si vede il color giallo correre dalle estremità delle strisce verso il loro centro, mentre una delle estremità diventa rossa e l' altra verde. Il rosso è tinto di vio-

letto, e il verde è mescolato con del turchino; il rosso è più splendente degli altri due ed è l'ultimo a scomparire. Qualche volta il rosso e il verde sono posti parallelamente alla striscia; ma ordinariamente l'estremità inferiore è rossa e la superiore verde. Avviene pure di vedere l'intiera aurora tutta d'un color rosso. Il coloramento dell'aurora accade frequentemente fra le 10 ore e le 11 che è anche il periodo del maggior splendore.

Distribuzione geografica delle aurore. — Se si considera la frequenza colla quale appariscono le aurore nelle varie località, si trova che esse sono molto irregolarmente distribuite sulla terra. Le aurore sono più frequenti nelle maggiori latitudini, mentre sono quasi sconosciute o del tutto ignote entro i tropici. Ad Avana (latit. 23°. 9′) non si contano che 6 aurore nel periodo di 100 anni. Più si va verso l'equatore la frequenza diminuisce. Verso il Nord invece crescono e si vedono più spesso elevarsi verso lo zenit. Ciò risulta dalle osservazioni di 128 differenti località. Se si cammina sul meridiano di Washington dal Sud al Nord si trova una frequenza media delle aurore per le varie latitudini come segue:

latitudine N	*apparizioni in un anno*
40°	10
42°	20
45°	40
50°	80
da 50° a 62.	quasi ogni notte
oltre 62°	40
oltre 67°	20
a 78°	10

É rimarchevole che alle latitudini fra 50° e 62° le aurore appaiono molto alte nel cielo e sono vedute tanto verso il Nord quanto verso il Sud. Al di là, andando verso il polo, le aurore diminuiscono di frequenza e sono vedute soltanto verso il Sud con splendore sempre decrescente.

Facendo un simile confronto pel meridiano di Pietroburgo troviamo un analogo risultato, colla sola differenza che la regione della maggior frequeuza dell'aurore è situata più al Nord che in America; la zona di 80 aurore annuali si trova fra 66° e 75°.

Costruendo su di una carta geografica le zone delle frequenze relative delle aurore si trova che le regioni della maggior frequenza annua sono disposte secondo una zona ovale che circonda il polo Nord; la linea centrale di questa zona taglia il meridiano di Washington alla latitudine di 56°, e quello di Pietroburgo a 71°. Dunque, a parità di latitudine, le aurore sono più frequenti negli Stati Uniti che in Europa; alla latitudine di 45° per e. in America la frequenza è di 40 aurore annue, in Europa è meno di 10.

La forma di queste zone aurorali non ha somiglianza alcuna colle linee di eguale intensità magnetica, ne ha invece molta colle linee di eguale inclinazione magnetica.

In tutta l'Asia la linea d'inclinazione magnetica di 80° corre lungo la linea centrale della zona auroràle menzionata; soltanto nell' America quella si trova sensibilmente al Sud. Le zone aurorali hanno pure una grande somiglianza coi paralleli magnetici; Questa coincidenza fra la posizione degli archi aurorali e il magnetismo terrestre suggerisce l'idea di una reale connessione fra i due fenomeni.

Aurore nell' emisfero Sud. — Poche sono le osservazioni che si hanno dell'emisfero Sud; le più complete sono quelle fatte all'osservatorio magnetico inglese a Hobarton dal 1841 al 1848, nel qual periodo si osservarono 5 aurore nel 1841; 12 nel 1842; 2 nel 1844; 1 nel 1846; 9 nel 1847, e 5 nel 1848, che fanno 34 aurore nel periodo di 8 anni, e non considerando il 1843 e 1845 avremmo la media annua di 5 aurore e $\frac{2}{3}$. Hobarton è alla latitudine 42°. 52′ Sud e nel 1845 l'inclinazione magnetica era di 70°. 35′, la stessa che al Sud dell'Inghilterra e negli Stati Uniti presso Baltimora dove vedonsi da 6 a 7 aurore all'anno. Ne possiamo quindi inferire che la frequenza delle aurore nell'emisfero Sud è analoga a quella dell'emisfero Nord a eguali latitudini magnetiche. Dal 28 agosto al 2 settembre 1859 si vide nell' America del Sud e in Australia un' aurora boreale di uno splendore che raramente si è veduto nelle corrispondenti latitudini Nord. Queste osservazioni sono troppo scarse perchè si possa determinare la distribuzione geografica delle aurore nell'emisfero Sud, ma esse sono concordanti colla supposizione che la distribuzione sia analoga a quella trovata per l'emisfero Nord.

Aurore vedute simultaneamente nei due emisferi. — Paragonando le osservazioni di Hobarton con quelle dell'emisfero Nord, si trova che delle 34 aurore viste a Hobarton se ne videro 11 a New Haven colla stessa data. Queste aurore non sono per altro strettamente contemporanee poichè, i due paesi essendo quasi su due opposti meridiani, l'aurora non poteva esser veduta a una stazione quando si vedeva all'altra; tuttavia in quegli undici casi le aurore si sono viste entro l'intervallo di 12 ore dalle due stazioni. Inoltre, in molti altri casi di aurore osservate a Hobarton, c'era nuvolo a New Haven; e per altri 8 casi si osservò l'aurora a New York sebbene non si fosse osservata a New Haven. In 4 altri casi l'aurora si è vista a Toronto senza che fosse stata osservata a New Haven o a New York. Non rimangono quindi che 11 casi di aurore viste a Hobarton delle quali non se ne è osservata una corrispondente nelle stazioni dell'emisfero Nord in 8 dei quali casi il cielo era coperto da New Haven a Toronto. Ma in ognuno, di questi 11 casi fu osservata l'aurora in Inghilterra con una grande perturbazione negli aghi magnetici, ciò che indica che l'aurora non era molto distante da questa località.

Quindi, per quel che è permesso di concludere da questo piccol numero di dati, dobbiamo inferirne che quando si vede un'aurora a Hobarton, dove l'inclinazione magnetica è di 70°, accade un'aurora in qualche località dell'emisfero Nord tanto verso il Sud da non eccedere il 75° d'inclinazione magnetica. In altre parole. *Una grande apparizione aurorale dell'emisfero Sud è sempre accompagnata da una grande aurora nell'emisfero Nord.*

Altezza dell'aurora. — La splendida aurora dall'Agosto al Settembre 1859 fu osservata in un grande numero di stazioni. Il limite meridionale a cui giunse non fu lo stesso per tutti i meridiani. Nell'America settentrionale l'aurora fu vista allo zenit fino alla latitudine di 36° 40' ed era ancora sorprendente a 18°. Nell'Europa centrale si estese allo zenit fino alla latitudine di 45°; fu molto brillante a Roma a 42°, ma non fu vista ad Atene a 38°, nè in Asia a 40° di latitudine.

Nell'America del Nord l'aurora del 2 Settembre apparve allo zenit alla latitudine di 22°. 30', e si vide distintamente

anche a 12°, e se il cielo fosse stato chiaro si sarebbe veduta forse fino all' Equatore. Nell' Europa quest' aurora è stata osservata ad Atene a 38° e queste due aurore confermano sempre più la distribuzione geografica ammessa, la regione aurorale trovandosi in America a 15° più al Sud che nell'Europa orientale.

Alle stazioni le più meridionali, dove queste aurore furono osservate, la luce era a pochi gradi sull' orizzonte Nord; invece alle stazioni più settentrionali la luce si alzava più alta nel cielo e in certe stazioni arrivava fino allo zenit. In stazioni più lontane dal Nord l' aurora copriva l' intiera parte del cielo che guardava al settentrione, e più lontano ancora dal Nord si vedeva l'aurora coprire l' intiero cielo.

La tabella I. porge le osservazioni più esatte fatte durante l' aurora del 28 Agosto 1859 alle ore 8. 42 pom. al tempo di New Haven.

Tabella I.

LOCALITA'	Latitudine N.	ALTEZZA apparente dell' aurora
Lato Nord di Giamaica	18°20'	Come la luce del fuoco
Inagua, Bahamas. . .	21.18	Rimarchevolmente brillante
Havana, Cuba.	23. 9	Si alzò 23° sull' orizz. Nord
Key West, Florida. .	24.33	„ 30° „
Savannah, Georgia. .	32. 5	„ 45° „

La tabella II. porge le osservazioni della stessa ora pei luoghi dove la luce aurorale copriva tutta la parte Nord come una porzione della parte Sud del cielo.

Tabella II.

LUOGHI	Latitudine N.	ALTEZZA apparente dell' aurora
Sandy Spring, Maryland . .	39° 9′	Si estese a 51° dall'oriz. S.
Gettysburg, Pennsylvania .	39.49	„ 30 „
Filadelfia „ . .	39.57	„ $22\frac{1}{4}$ „
Burlington, New Jersey . .	40. 5	„ 20 „
New Haven, Connecticut . .	41.18	„ $10\frac{1}{2}$ „
West Point, New York . . .	41.23	„ 12 „
Newburyport, Massachusetts	42.48	„ 6 „
Lewiston, Maine	44. 5	„ 5 „

Costruendo una carta cogli angoli delle altezze apparenti della tabella II si trova che il limite inferiore dell' aurora è elevato di 46 miglia (74 chilometri) sul livello del suolo; e che questo punto si trova sulla verticale innalzata dal parallelo 38°.50′ al Nord, in Virginia.

Abbiam visto che le strisce aurorali si posson ritenere parallele alla direzione dell'ago d'inclinazione. Se noi innalziamo dal punto trovato come limite inferiore una retta che faccia l'angolo 17°.20 colla superfice del suolo, che è appunto l' inclinazione magnetica in Virginia, e facciamo la stessa costruzione per le altezze apparenti della tabella I. verremo a intersecare quella retta in un punto che rappresenterà il limite superiore dell' aurora e si troverà elevato a 534 miglia (859 chilometri) sul livello del suolo sulla verticale condotta pel parallelo 36°.40′ Nord di Virginia.

La terza tabella porge le osservazioni dell' aurora del 2 Settembre 1859 fatte alle 2 ant. al tempo di Avana.

Tabella III.

LOCALITA'	Latitudine	Longitudine	ORA	ALTEZZA apparente dell'aurora
In mare	12°.23'	88°.28'	Mezzanotte	Cielo pallido, ondoso
La Union S[t] Salvatore	13. 18	87. 45	10. 3 ant.	Circa 30° sopra l'orizzonte Nord
Salvador	13. 44	88. 55	. . . .	Come sopra
Kingston, Jamaica.	17. 58	76. 50	1. 5 ant.	Sembrava un fuoco colossale
Cohe, Cuba	20. 0	76. 10	. . . .	Si estese all'insù circa 72°
Havana, Cuba	23. 9	82. 22	2. ant.	Più di 100° in altezza
Fort Jefferson, Florida	24. 37	82. 52	2. ant.	Si estende al di là dello zenit
Micanopy, Florida	29. 30	82. 18	2. 30 ant.	Corona molto distinta
Jacksonville, Florida	30. 15	82. 0	3. ant.	Estremo Sud in rosso ardente
Thomasville, Georgia	30. 50	84 0	2. ant.	Corona formata
Paulding, Mississippi	32. 20	89. 20	2. 10 ant.	Tutto il cielo visibile coperto
Indianapolis, Indiana	39. 55	86. 5	. . . .	Giù all'orizzonte Sud
Rochester, New York	43. 8	77. 51	2. ant.	Come sopra.

Combinando le 7 ultime osservazioni come si fece pel caso precedente si trova che il limite inferiore della luce aurorale era elevato di 50 miglia (80 chil.) sulla superfice terrestre e che il suo margine Sud era sulla verticale al parallelo 25°.15′ N. della Florida. Ora, l'inclinazione magnetica in questa località essendo di 55°.40′, tracciando questa direzione e tracciando le altezze apparenti delle prime 5 osservazioni si trova che il limite superiore dell' aurora è di 495 miglia (796 chilometri) sulla superfice del suolo, e questo è il margine Sud che si trova sulla verticale del parallelo 22°.30′ al Nord di Cuba.

Combinando questi risultati colle osservazioni registrate sul *Giornale Americano di Scienze*, vol. 32, si trova che l' aurora del 2 Settembre 1859 formava una frangia di luce che circondava l' emisfero Nord estendentesi al Sud fino alla latitudine di 22° ½ e al Nord a distanza sconosciuta, ed occupava l' intiero strato dell' atmosfera compreso fra 50 e 500 miglia (80 e 800 chilometri) sulla superfice terrestre. Essa consisteva principalmente di strisce ovunque quasi parallele all' ago dell' inclinazione magnetica, che negli Stati Uniti è quasi verticale. Queste strisce erano lunghe circa 500 miglia (800 chilometri) la loro larghezza variava fra 5, 10, 20, e forse più miglia (8, 16, 32 chilometri).

L' aurora del 28 Agosto 1859 formava una simile frangia di luce quasi egualmente estesa occupando lo strato d'aria fra le altezze di 46 e 534 miglia (74 e 859 chil.) sul suolo.

L' altezza di un gran numero di aurore è stata calcolata con metodi simili e si ebbe per risultato medio di 31 osservazioni l' altezza di 450 miglia (724 chil.) pel limite superiore.

Il Prof. Potter di Londra avrebbe trovato pel limite superiore l' altezza di 72 miglia, (116 chil.) e pel limite inferiore 63 miglia (101 chil.). Così Dalton trovò l' altezza di 100 miglia (160 chil.)

Si conclude quindi che la luce aurorale si manifesta ad una elevazione non minore di 45 miglia (72 chil.) e che si estende in alto fino a 500 miglia (800 chil.) sul suolo.

Peraltro il Prof. J. Farquarson in un resoconto di un' aurora scrisse d'aver trovato il limite inferiore a ½ miglio soltanto dal suolo (800 metri); ma le due stazioni alle quali fu-

ron fatte le osservazioni distavano solo d' un miglio; per cui è probabile che questa piccola base di misura abbia portato un grande errore trattandosi anche di osservazioni approssimative.

Analogamente i sigg. Bravais e Lottin fecero, nelle vicinanze di Bossekop a 10 miglia di distanza l'uno dall' altro, delle osservazioni su di un'aurora e trovarono che essa doveva esser alta da 60 a 100 miglia (96 a 160 chil.). Alle volte sembrava più bassa di una collina perchè probabilmente i cirrocumuli che s' interponevano fra l' osservatore e la collina venendo illuminati dalla luce dell'aurora potevano essere per avventura scambiati colle strisce aurorali.

Il Capitano Parry narra d' aver veduto un raggio aurorale slanciarsi sul suolo fra lui e una foresta che distava solo 3000 yard (2743 metri); quest' apparenza può credersi che sia stata un' illusione; un simile fatto fu osservato a Bossekop dai fisici francesi i quali attribuirono l' apparenza alla riflessione della luce sulla neve che copriva le montagne.

Si conclude adunque che sebbene sia possibile che l' aurora possa giungere fino quasi alla terra, pure non è provato sufficentemente che essa sia discesa sotto alle ordinarie nuvole.

Rumore dell' aurora. — Non v' è certezza se l' aurora è accompagnata da rumori speciali, quantunque essi fossero dal popolo distinti con tanti qualificativi come: suoni *stridenti, fischianti ronzanti, scoppiettanti.* Ma gli scienziati non constatarono mai suoni che potessero attribuirsi all' aurora e conclusero che i suoni uditi dal popolo fossero dovuti al fischiare del vento, al turbinio della neve, al mormorio lontano del mare o al crepitio della ricongelazione del nevischio Inoltre, in parte questi suoni potrebbero ascriversi a vere illusioni, poichè spesso accade d' intendere ciò che si aspetta di sentire; così Tacito narra che gli antichi Germani sentivano sempre un rumore quando il sole cadeva nell' oceano occidentale.

Inoltre; ammesso anche che i suoni si producano nella parte inferiore, all' altezza di 50 miglia, siccome il suono richiede 4 minuti primi a percorrere queste 50 miglia, i suoni che si fossero intesi *contemporaneamente* alle varie apparizioni dell' aurora, non sarebbero stati prodotti sicuramente dalle stesse.

Periodicità diurna dell' aurora. — Le aurore appariscono nelle diverse ore della notte con varia frequenza. Nel Canadà il numero delle aurore cresce dal tramonto del sole fino alle 11 di sera poi diminuisce fino al mattino. Nei paesi dell'America del Nord le aurore sono più frequenti a mezzanotte; e nei paesi più al Nord e sul mare artico la massima frequenza avviene alle una dopo mezzanotte, come mostra la seguente:

Tabella della frequenza diurna delle aurore.

ORE	CANADÀ λ 43° a 47° ½ 1848-49	CARLTON FORT λ 52°.52' 1857-58	ATHABASCA λ 58°.43 1843-44	POINT BARROW λ 71°.21 1852-53	TOTALE
6 pom.	25	5	1	30	61
7 „	60	13	8	56	137
8 „	124	26	14	56	220
9 „	149	35	17	60	261
10 „	191	41	19	77	328
11 „	194	53	23	88	358
Mezzanot.	154	59	32	85	330
1 ant.	128	56	36	103	323
2 „	102	46	21	98	267
3 „	81	46	18	95	240
4 „	49	40	13	80	182
5 „	24	26	12	71	133
6 „	2	10	3	66	81

Periodicità annua delle aurore. — Questo periodo sarebbe più chiaro se non fosse in parte mascherato dalla ineguale durata della notte nei vari giorni dell'anno. Supposto che la frequenza sia eguale per tutte le ore del giorno e per tutti i

giorni dell' anno, il numero delle aurore osservate dovrebbe essere maggiore d' inverno che non d' estate; invece accade il contrario, e troviamo, per gli Stati Uniti, un maggior numero di aurore registrate nell' estate, come si scorge dalla tabella seguente:

Tabella delle frequenze annue dell' aurora.

	BOSTON e NEW HAVEN	NEW YORK	CANADÀ	TOTALE
Gennaio	81	76	16	173
Febbraio	93	86	31	210
Marzo	110	106	24	240
Aprile	104	125	38	267
Maggio	86	83	22	191
Giugno	83	79	17	179
Luglio	123	100	21	244
Agosto	102	122	14	238
Settembre	143	131	19	293
Ottobre	99	110	27	236
Novembre	115	74	26	215
Dicembre	83	60	16	159
Primavera	300	314	84	698
Estate	308	301	52	661
Autunno	357	315	72	744
Inverno	257	222	63	542

Questo prospetto mostra un minimo deciso nel Dicembre, un altro minimo apparente nel Giugno. E vi sono quindi due

massimi, l'uno in Aprile e l'altro in Settembre. La diminuzione che avviene d'estate può ascriversi in parte alla diminuzione nella durata della notte. Se noi aumentiamo il numero delle osservazioni in ragione del numero delle ore pei mesi di Maggio e Giugno troveremmo che la frequenza sarebbe la stessa in Giugno e in Aprile, quindi vi sarebbe una diminuzione decisa in Dicembre ed un massimo dall'Aprile al Settembre con una piccola diminuzione forse in Giugno.

Periodicità secolare dell' aurora. — La frequenza delle aurore è estremamente variabile ne' vari anni. Alcuni periodi sono rimarchevoli per apparizioni splendide di aurore, ma poi seguono degl' intervalli di sterilità nei quali le aurore vengono perfino dimenticate. Nel periodo di 113 anni dal 1742 al 1854 si videro in totalità 1222 aurore senza contare le duplicate. La seguente tabella ne mostra il numero delle aurore osservate nelle stazioni americane di anno in anno.

Numero delle aurore osservate a New Haven e Boston.

ANNI	N. delle aurore	ANNI	N. delle aurore	ANNI	N. delle aurore	ANNI	N. delle aurore	ANNI	N. delle aurore
1742	2	1765	7	1788	38	1811	0	1834	9
1743	2	1766	0	1789	51	1812	0	1835	6
1744	0	1767	4	1790	13	1813	0	1836	5
1745	0	1768	7	1791	12	1814	3	1837	41
1746	7	1769	18	1792	6	1815	1	1838	39
1747	10	1770	14	1793	8	1816	0	1839	47
1748	6	1771	15	1794	2	1817	0	1840	44
1749	10	1772	7	1795	2	1818	4	1841	42
1750	17	1773	17	1796	0	1819	6	1842	11
1751	5	1774	20	1797	0	1820	2	1843	10
1752	2	1775	5	1798	0	1821	0	1844	10
1753	1	1776	4	1799	0	1822	1	1845	22
1754	0	1777	15	1800	0	1823	0	1846	30
1755	0	1778	18	1801	0	1824	0	1847	22
1756	0	1779	4	1802	2	1825	2	1848	53
1757	6	1780	25	1803	5	1826	0	1849	20
1758	4	1781	25	1804	4	1827	7	1850	30
1759	5	1782	24	1805	4	1828	6	1851	21
1760	6	1783	22	1806	4	1829	2	1852	42
1761	5	1784	4	1807	2	1830	6	1853	22
1762	7	1785	9	1808	0	1831	2	1854	15
1763	6	1786	55	1809	2	1832	2		
1764	12	1787	47	1810	0	1833	3		

Questa tabella mostra un aumento nella frequenza delle aurore dal 1842 al 1786-89 con alcune eccezioni che meritano di

essere rimarcate. Il massimo del 1789 dà per media di 4 anni 48 aurore all' anno. La frequenza poi diminuisce fino al 1820, avendosi una media di un' aurora all' anno intorno il 1816. Dal 1827 in poi la frequenza aumenta e si ha nel 1837 una rimarchevole abbondanza, avendosi dal 1837 al 41 per medio 42 aurore all' anno. Segue poi dal 1848-52 un altro massimo. Riguardando quest' ultima frequenza come un periodo di massima abbondanza si avrebbero due massimi uno nel 1787, l' altro nel 1845, a 58 anni di distanza l' uno dall' altro.

Queste variazioni secolari nella frequenza delle aurore sembrerebbero seguire un periodo astronomico ; ma per poterlo asserire occorrerebbe una più lunga serie di osservazioni.

La seguente tabella riunisce varie serie benchè incomplete di osservazioni fatte in vari paesi d' Europa da diversi osservatori.

Numero delle aurore annue dal 1685 al 1864.

Anni	Europa (Mairan)	Svezia	Pietroburgo
1685	1	—	—
1686	4	—	—
1692	2	—	—
1693	2	—	—
1694	2	—	—
1695	4	—	—
1696	4	—	—
1697	1	—	—
1698	9	—	—
1699	40	—	—
1702	1	—	—
1704	1	—	—
1707	12	—	—
1708	1	—	—
1709	3	—	—
1710	1	—	—
1711	1	—	—
1714	1	—	—
1716	11	1	—
1717	12	3	—
1718	27	9	—
1719	32	3	—
1720	28	6	—
1721	19	5	—
1722	46	15	—
1723	30	16	—
1724	26	10	—
1725	30	18	—
1726	46	13	2
1727	67	46	10
1728	86	38	25
1729	65	43	6
1730	116	69	33
1731	57	37	18
1732	100	43	51
1733	27	9	5
1734	38	—	25
1735	51	—	30
1736	43	—	17
1737	40	—	11
1738	9	—	7
1739	27	45	21

Anni	Europa (Mairan)	Svezia	Pietroburgo	Europa (Cotte)
1740	2	36	11	—
1741	21	76	28	—
1742	14	46	30	—
1743	9	47	7	—
1744	8	18	—	—
1745	3	—	—	—
1746	1	56	—	—
1747	7	33	—	—
1748	3	39	—	—
1749	3	33	—	—
1750	12	24	—	—
1751	2	24	—	—
1752	—	39	—	—
1753	—	29	—	—
1754	—	17	—	—
1755	—	9	1	—
1756	—	15	2	—
1757	—	—	0	—
1758	—	—	2	—
1759	-	48	8	—
1760	—	53	7	—
1761	—	50	12	—
1762	—	34	18	—
1763	—	—	4	—
1764	—	—	9	—
1765	—	—	8	—
1766	—	—	0	—
1767	—	—	5	—
1768	—	—	2	—
1769	—	—	10	—
1770	—	—	13	—
1771	—	—	29	13
1772	—	—	21	26
1773	—	—	31	31
1774	—	—	48	46
1775	—	—	21	44
1776	—	—	12	31
1777	—	—	26	57
1778	—	—	30	54
1779	—	—	37	88
1780	—	—	20	16
1781	—	—	29	—

Anni	Pietroburgo	Scozia (Dalton)	Mannheim
1782	29	—	14
1783	17	—	16
1784	7	—	8
1785	14	—	12
1786	40	16	21
1787	10	27	39
1788	10	53	27
1789	15	45	11
1790	4	36	17
1791	4	37	10
1792	1	23	9
1793	2	—	—
1794	2	6	—
1795	2	3	—
1796	1	0	—
1797	1	13	—
1798	0	0	—
1799	1	2	—
1800	0	3	—
1801	0	4	—
1802	1	4	—
1803	0	6	—
1804	3	6	—
1805	1	4	—
1806	2	3	—
1807	1	0	—
1808	1	1	—
1809	0	0	—
1810	0	0	—
1811	0	0	—
1812	—	0	—
1813	—	0	—
1814	—	4	—
1815	—	0	—
1816	—	1	—
1817	—	1	—
1818	-	2	—
1819	2	3	—
1820	5	2	—
1821	—	2	—
1822	—	0	—
1823	—	0	—

Anni	Scozia (Dalton)	Svezia	Dunse (Scozia)	Makerstoun (Scozia)	Europa (Heis)
1824	0	—	—	—	—
1825	1	—	—	—	—
1826	2	—	—	—	—
1827	10	—	—	—	—
1828	11	—	—	—	—
1829	18	—	—	—	—
1830	32	—	—	—	—
1831	23	27	—	—	—
1832	5	—	—	—	—
1833	12	—	—	—	—
1834	2	—	—	—	—
1835	(6)	—	—	—	—
1836	(8)	—	—	—	—
1837	—	25	—	—	—
1838	—	28	27	—	—
1839	—	30	38	—	—
1840	—	40	43	—	—
1841	—	35	42	—	—
1842	—	49	9	—	—
1843	—	38	10	20	—
1844	—	22	13	30	—
1845	—	18	10	47	—
1846	—	39	16	17	—
1847	—	38	30	18	—
1848	—	38	—	26	—
1849	—	42	—	26	—
1850	—	25	—	—	—
1851	—	17	—	—	—
1852	—	45	—	—	—
1853	—	26	—	—	—
1854	—	36	—	—	—
1855	—	20	—	—	—
1856	—	20	—	—	—
1857	—	15	—	—	—
1858	—	34	—	—	19
1859	—	46	—	—	30
1860	—	33	—	—	36
1861	—	—	—	—	35
1862	—	—	—	—	33
1863	—	—	—	—	36
1864	—	—	—	—	47

I risultati di queste osservazioni dell'Europa concordano perfettamente con quelli ottenuti dalle osservazioni dell'America. Si scorge un periodo di grande abbondanza dal 1830 fino alla fine della serie, 1864; il massimo sembrando compreso fra il 1840 e il 1845. Questo periodo fu preceduto da una grande scarsità dal 1793 al 1826 accadendo il punto del minimo nel 1812. Questa scarsità fu preceduta da un periodo di grande abbondanza dal 1771 al 1792 il di cui punto di mezzo accadde nel 1780. Questo periodo venne preceduto da un altro di grande carestia dal 1742 al 1770 col punto di mezzo nel 1755. Questo periodo fu pure preceduto da un altro di grande abbondanza dal 1716 al 1741 accadendo il punto di mezzo nel 1728. E anche questo periodo fu preceduto da una scarsità di cui il punto di mezzo sembra accadesse nel 1697. Di qui si vede che il periodo con cui si succedono gli anni di massima abbondanza è di 59 anni.

Ma oltre a questo periodo lungo 59 anni vi sono dei periodi minori di massima e minima frequenza che sembrano ripetersi ad intervalli di 10 anni da un massimo all'altro, come si scorge dalla seguente:

Tabella de' massimi e minimi decennali.

	OSSERVAZIONI			OSSERVAZIONI			OSSERVAZIONI	
	Europee	Americane		Europee	Americane		Europee	Americane
Massimo	1707		Mass.	1760	1760	Mass.	1819	1818-9
Minimo	1713		Min.	1766	1766	Min.	1823	1823-4
Massimo	1718		Mass.	1771	1769-71	Mass.	1830	1827-8
Minimo	1721		Min.	1776	1776	Min.	1834	1832
Massimo	1730		Mass.	1779	1780	Mass.	1840	1839
Minimo	1733		Min.	1784	1784	Min.	1843-5	1843
Massimo	1741		Mass.	1788	1789	Mass.	1849	1848
Minimo	1745-6	1744-5	Min.	1798	1798-9	Min.	1856	
Massimo	1750	1750	Mass.	1804	1804-5	Mass.	1859-64	
Minimo	1755	1755	Min.	1811	1811			

Questa tabella mostra una perfetta corrispondenza fra i periodi dell' Europa e quelli dell' America, e si ha in media l' intervallo di 11 anni fra un massimo e l' altro. Ma il numero delle aurore osservate nel periodo dal 1792 al 1802 quantunque sia piccolo, pure manifesta un sensibile aumento nel 1797; e se contiamo questo anno per un massimo avremo in media un periodo di 10 anni fra un massimo e l' altro. Così la frequenza secolare delle aurore segue due periodi, vi è cioè un massimo di 10 in 10 anni e fra questi massimi vi è un *maximum maximorum* ogni 59 o 60 anni. Se rimanesse ancora qualche dubbio che questo periodo possa dipendere da cause astronomiche, tali dubbi si dissiperanno probabilmente quando se ne sarà mostrata l' intima connessione coi movimenti dell' ago magnetico.

Perturbazioni dell' ago magnetico. — L' aurora è ordinariamente accompagnata da perturbazioni dell' ago magnetico. Questo fatto si conobbe fino da cento anni fa, ma è specialmente da 30 anni a questa parte che si è studiata codesta connessione con molta cura. Quando l' aurora ha l' aspetto di una luce come l' alba del mattino e che si eleva di poco sull' orizzonte le perturbazioni magnetiche sono piccole, ma queste aumentano a misura che l' aurora è più splendente. Le strisce aurorali cagionano delle perturbazioni magnetiche specialmente quando sono in attivo moto. Le onde o scintille aurorali — specialmente se si estendono allo zenit — producono agitazioni e vibrazioni nell' ago che avvengono tanto a destra che a sinistra della posizione d' equilibrio. Durante l' aurora del 2 Settembre 1859 l' intiera oscillazione dell' ago fu di 3°.45' a Toronto, e di 4°.13' a Roma. Codeste grandi perturbazioni dell' ago si mostrano quasi simultaneamente su vaste porzioni del globo anche quando l' aurora non è visibile su tutti i punti, e sono state chiamate da Humboldt *burrasche magnetiche.*

Nel 25 Settembre 1841 si osservò una grande perturbazione magnetica a Greenwich tanto nella direzione che nell' intensità del magnetismo. Le oscillazioni erano rapide e improvvise separate da momenti di stazionarietà. Nello stesso giorno anche a Toronto, distante più di 3500 migiia (5631 chil.) le perturbazioni cominciarono allo stesso *tempo assoluto* di Green-

wich e furono simultanee nelle fasi. Analoghe perturbazioni furono osservate a S. Elena, al Capo di Buona Speranza, e a Trevandrum in India che è diametralmente opposto a Toronto. Codesto fenomeno è stato adunque osservato su di un intiero emisfero e non è improbabile che si sia manifestato su tutta la superficie terrestre.

In questo stesso tempo avvenne un' aurora di straordinaria estènsione. Essa fu veduta in tutto il Canadà, nel Nord degli Stati Uniti, in Inghilterra e in Norvegia; e, nell' emisfero meridionale, nell' isola di Van Dieman.

Durante la grande apparizione aurorale del 2 Settembre 1859 le perturbazioni degli aghi magnetici furono rimarchevoli nel Nord dell' America, in Europa, nel Nord dell' Asia e nella Nuova Olanda. A Toronto, a Parigi e a Pietroburgo le deviazioni furono così forti che la scala scomparve totalmente dal cannocchiale e non si potè quindi determinarne il valore.

A Cristiania la variazione della forza orizzontale fu di $^1/_{13}$ del suo valore.

A Melbourne, in Australia, la declinazione venne spostata di 1°.9' e la forza orizzontale variò di $^1/_{30}$ del suo valore.

Da un estratto del Prof. Airy sopra 170 parturbazioni magnetiche osservate dal 1841 al 1857 risulta che nel detto periodo di 17 anni il 63 per cento cominciarono con forza occidentale positiva, e il 60 per cento finirono pure con forza occidentale positiva; e il 66 per cento cominciò con forza Nord negativa e il 91 per cento finì con forza Nord negativa. Le perturbazioni nella direzione verticale furono con egual frequenza positive e negative.

Le perturbazioni magnetiche non avvengono simultaneamente in tutti i luoghi. Da un confronto fra le osservazioni fatte dal 1836-41, in 27 stazioni sparse per l' Europa fra 45° e 60° di latitudine è risultato che dette perturbazioni si propagano sull' Europa da N. 28° E a S. 28. O colla velocità di 100 miglia (161 chilometri) per minuto. Per un confronto simile delle osservazioni di Washington, Filadelfia, Cambridge e Toronto, dal 1840 al 42, si è visto che le perturbazioni si propagavano da N. 68° E a S. 68°O, colla stessa velocità di 100 miglia per minuto. Il Walker ha trovato che sull' Inghilterra la propagazio-

ne delle perturbazioni magnetiche avviene dal N. 42° E, al S. 42°O.

Influenza delle aurore sulle linee telegrafiche. — Durante le grandi aurore le linee telegrafiche non sono atte al servizio perchè sono percorse da forti correnti elettriche irregolari. Quando splendeva l'aurora del 2 Settembre 1859 la corrente che percorreva i fili telegrafici negli Stati Uniti era così forte e continua che servì per trasmettere i dispacci in sostituzione della pila locale.

Simili effetti furono osservati nella Svizzera dove la corrente provocata nei fili durante l'aurora aveva una intensità tripla di quella della pila locale. In una linea diretta nel meridiano si trovò che la corrente fu una volta diretta da Nord a Sud, e un'altra volta da Sud a Nord; ma nel primo caso aveva una intensità e una durata doppia che nel secondo caso.

Da molte osservazioni fatte in Inghilterra da Walker col galvanometro risultò che la corrente è diretta da N. 42° E. a S. 42°O.

II. *Teoria della luce polare.*

1. Alcuni hanno attribuito la luce polare a una materia molto rarefatta sparsa come una nube e girante attorno al sole, la qual materia venisse di quando in quando a cadere sulla terra con grandissima velocità per cui la condensazione che subirebbe incontrando l'aria la renderebbe luminosa. Ma non si vede il perchè tal materia arrivando alla terra da distanze così grandi debba radunarsi preferibilmente in certi posti per fuggire sempre da certi altri.

Si è detto che sopra una larga porzione della zona torrida le aurore non furono mai vedute, mentre al polo sono vedute quasi senza interruzione durante il periodo della notte. La supposta materia rarefatta non può quindi essere la causa della luce polare.

2. Le apparizioni aurorali hanno luogo nelle alte regioni dell'atmosfera e partecipano del movimento rotatorio della terra mentre i corpi celesti hanno un moto apparente dovuto al moto

terrestre. Ma gli archi aurorali sono fermi relativamente alla terra, dunque le aurore sono fenomeni terrestri.

3. La luce aurorale è cagionata dall' elettricità atmosferica. Ciò è provato dalle correnti sulle linee telegrafiche come avviene spesso di osservare alle nostre latitudini durante le scariche elettriche dei temporali.

Durante l' aurora del 2 Settembre 1859 si osservarono i segueuti effetti che sono caratteristici dell' elettricità.

A. L'elettricità passando da buoni conduttori attraverso un cattivo conduttore produce una viva scintilla luminosa. Ebbene durante la detta aurora si otteneva dai fili telegrafici una scintilla così viva da eguagliare la *mezza fiamma* di gas.

B. L' elettricità passando attraverso cattivi conduttori sviluppa calore. Durante la detta aurora si poterono abbruciare la carta e il legno mediante le correnti dei fili telegrafici, ciò che si rendeva manifesto dall' odore di bruciato che si sentiva dopo la scarica.

Inoltre i rocchetti delle elettrocalamite erano diventati così caldi da non potersi sopportare il contatto colla mano.

C. Quando l' elettricità passa attraverso gli animali vi provoca la scossa elettrica. Ebbene, durante detta aurora, alcuni ufficiali telegrafici provarono delle scosse così violente che restarono tramortiti per qualche tempo.

D. L' elettricità passando per un rocchetto sviluppa il magnetismo. Ebbene abbiamo visto che anche la corrente prodotta durante l' aurora del 2 Settembre fu così forte che sostitul a meraviglia la pila ordinaria sopra diverse linee telegrafiche per magnetizzare le elettrocalamite. L' intensità di questa corrente fu trovata eguale a quella di 200 pile alla Grove sopra una linea di 230 miglia (370 chil.). E nella Svizzera si disse che la corrente era 3 volte più intensa di quella sviluppata dalla pila locale.

E. L' ago magnetico è deviato dalla propria posizione quando passa per un filo ad esso vicino una corrente. Furono vedute infatti le bussole dei telegrafi deviare assai più fortemente che colla corrente ordinaria durante le grandi aurore del 1859.

F. La corrente decompone le sostanze. Durante l'aurora

del 2 Settembre 59 si è decomposto il cianuro di potassio; simile effetto si ottenne nell' aurora del 19 Febbraio 1852.

G. Alcuni corpi sono fluorescenti alla luce elettrica. Gli stessi corpi lo furono alla luce aurorale. Il Prof. Robinson all' osservatorio di Armagh ha visto che durante l' aurora del 14 Marzo 1858 la soluzione di bisolfato di chinino e il cianuro doppio di platino e di potassio cristallizzato diventavano fosforescenti alla luce dell' aurora. Questi effetti si produssero così strettamente in rapporto colla intensità della luce che aggiunsero un' evidenza sempre maggiore al carattere elettrico dell' aurora.

I fatti precedenti provano che durante le aurore ciò che si sviluppa nei fili telegrafici è veramente elettricità. Questa elettricità può supporsi derivante dall' aurora sia per trasmissione, sia per induzione. Se adottiamo la prima ipotesi, allora la luce aurorale è veramente l' effetto della scarica elettrica. Se adottiamo la seconda, dobbiamo cercare quale agente conosciuto è capace di provocare la elettricità in un conduttore distante. Noi non conosciamo che due di questi agenti: il magnetismo, e l'elettricità. Ma l' aurora è luminosa e il magnetismo non lo è; dunque siamo costretti ad ammettere che la luce aurorale è luce elettrica.

4. I *colori* dell' aurora sono gli stessi che si vedono quando si fa passare la scintilla elettrica attraverso all' aria rarefatta. Quando la scintilla è tratta dalla macchina elettrica attraverso l' atmosfera, essa è bianca. Se invece attraversa l' aria rarefatta, assume un color rosco; più l' aria è rarefatta, e più la luce diventa diffusa e il colore rosso cupo o porpora. La stessa varietà di colori dal rosso chiaro al porpora si scorge anche nelle aurore, essa dipende probabilmente dalla differente altezza alla quale avviene il fenomeno, e dalla varia quantità di vapore condensantesi nell' atmosfera. La luce verde, che vedesi solo nelle aurore, si può credere effetto della sovrapposizione della luce gialla dell' aurora all' azzurro del cielo poichè si sa che questi due colori riuniti formano il verde; fenomeno che si vede anche durante il crepuscolo della sera in cui il cielo all' occidente sembra di una delicata tinta verde.

Ma ad aumentare l' effetto deve concorrere anche quel fe-

nomeno fisiologico che i colori complementari messi in confronto si rinforzano scambievolmente. Così il colore rosso vivace di certe parti deve far maggiormente risaltare il color verde delle altre parti alluminate.

5. L'aspetto di una corona aurorale allo zenit magnetico è un effetto di prospettiva. Ogni volta che vediamo un fascio di rette parallele in iscorcio, ci sembra un fascio di rette convergenti a uno stesso punto.

Così le strisce aurorali essendo tutte parallele all' ago d'inclinazione, sembreranno convergere tutte allo zenit magnetico.

Ogni osservatore non vede quindi la stessa corona, come quando v'è l'arcobaleno, ogni osservatore non vede lo stesso arco.

6. Le strisce aurorali sono spazi illuminati dalle scariche elettriche attraverso le alte regioni dell' atmosfera. Codeste strisce, durante l'aurora del 28 Agosto 59, erano lunghe 500 miglia (804 chil.) ed erano elevate sul livello del suolo di 45 miglia (72 chil.). Le loro estremità superiori erano piegate verso Sud facendo colla verticale un angolo di 17°. Quando l'elettricità passa per buoni conduttori non emette luce. L'aria secca e densa non è conduttrice; ma l'aria rarefatta e l'acqua lo sono fino a un certo segno. Quindi l'elettricità passando attraverso all'aria rarefatta trova minor resistenza e dispiega una luce pallida diffusa anche a grandissime distanze.

Si è pensato in principio che l'elettricità si scaricasse nella direzione della lunghezza delle strisce aurorali, e quindi che la scarica elettrica avesse luogo fra le alte regioni dell' atmosfera e il suolo. Ma alcune osservazioni recenti hanno messo in dubbio la prima supposizione. Quando la scarica elettrica ha luogo attraverso l'aria molto rarefatta, in certe speciali circostanze, la luce non è uniformemente diffusa ma è *stratificata* in modo che presenta strie luminose e oscure alternativamente nella direzione perpendicolare alla scarica stessa. E però, dall' analogia delle strisce chiare e oscure nell' arco aurorale, si è pensato che questo fosse effetto della stratificazione della luce per una scarica che avvenisse nella direzione orizzontale secondo la lunghezza dell' arco. Se non che la stratificazione della luce nel-

l'aria rarefatta è attribuita a intermittenze della scarica elettrica, e non sembra probabile che in un'aurora possa aver luogo un'analoga intermittenza. Però sembra più probabile che le strisce aurorali risultino da scariche elettriche dirette nel senso della loro lunghezza.

7. L'aspetto *color lavagna* che assume il cielo durante le grandi aurore è dovuto alla condensazione del vapor acqueo, probabilmente allo stato solido. Nelle regioni artiche si videro cadere dei fiocchi finissimi di neve durante le aurore e questi fiocchi non offuscavano che di pochissimo la trasparenza dell'atmosfera senza avere l'aspetto di nuvole. Questa è probabilmente la causa che produce quel segmento oscuro verso l'orizzonte e che negli Stati Uniti si vede al Nord. Il colore oscuro del cielo è più distinto presso all'orizzonte in parte perchè si vede lo strato che contiene i fiocchi di neve per una maggiore grossezza, e in parte pel contrasto colla luce viva dell'arco aurorale. Quando l'aurora copre tutto il cielo, come avviene alla baia d'Hudson, l'intiera atmosfera affetta una tinta oscura. Se l'aurora arriva al Sud dello zenit allora si vede il segmento oscuro al Sud.

8. *Quale sia la sorgente dell'elettricità dell'atmosfera?* — Varie furono le ipotesi invocate per spiegare l'origine della elettricità atmosferica, si è attribuita allo strofinio, alla combustione, alla vegetazione, ma ognuna di queste ipotesi è insufficente a dare una spiegazione plausibile. È molto probabile invece che la causa della elettricità atmosferica sia l'evaporazione dell'acqua come lo prova il seguente sperimento. Se si fissa all'elettrometro a foglie d'oro una capsula metallica contenente dell'acqua salata, e vi s'introduce della selce calda, per favorire l'evaporazione, le foglie d'oro divergono, mostrando che l'acqua si carica negativamente e quindi il vapore positivamente.

Se l'acqua è pura non v'è sviluppo di elettricità, ma è necessario che essa contenga disciolti dei sali o altre materie eterogenee. L'evaporazione dell'acqua dell'Oceano deve quindi sviluppare una gran copia d'elettricità; e così anche l'evaporazione delle acque dolci de' continenti, poichè sono sempre impure. Il vapore partirà dall'Oceano elettrizzato positivamente e il suolo resterà in tensione negativa.

9. Il vapore dell' Oceano a tutte le latitudini, ma segnatamente sui mari tropicali porterà nell' alto dell' atmosfera l'elettricità positiva e la corrente tropicale superiore trasporterà il vapore elettrizzato positivamente dall' equatore verso i poli. Questa corrente mano mano che si avvicina ai poli si abbassa avvicinandosi al suolo.

La terra e lo strato d' aria più rarefatto nell' alto dell' atmosfera si possono riguardare come le due armature di un condensatore elettrico di cui lo strato coibente è la parte inferiore e più densa dell' atmosfera. Le due opposte elettricità devono essere quindi condensate sopra le dette armature per reciproca influenza, specialmente in quelle regioni ove si trovano più accoste, cioè in vicinanza dei poli della terra; e deve avvenire la neutralizzazione delle due opposte elettricità quando la loro tensione raggiunge un dato limite. Se poi l' aria si fa umida diventa un imperfetto conduttore, e una porzione di elettricità può scaricarsi fra le alte regioni dell' atmosfera e il suolo. Questa neutralizzazione, in causa del poco potere conduttivo del *medium*, non avverrebbe istantaneamente, ma per scariche successive variabili d' intensità. Queste scariche dovrebbero aver luogo quasi simultaneamente ai due poli poichè la tensione dovrebbe essere presso a poco la stessa in ciascuno d' essi.

L' elettricità positiva circola adunque nell' alto dell' atmosfera dall' equatore ai poli N. e S. per ritornare pel suolo dai poli verso l' equatore. Tale sarebbe nella sua integrità la teoria ideata dal De La Rive.

10. L' elettricità nello scaricarsi per un mezzo poco conduttivo non produrrebbe ovunque una corrente uniforme, ma seguirebbe le linee di minore resistenza, e se l' aria è sufficentemente rarefatta deve sviluppare una luce diffusa e dar luogo così alle *strisce aurorali*. Parrebbe che queste strisce dovessero esser verticali; ma la loro direzione è modificata dal magnetismo terrestre. Il Prof. Plucker di Bonn ha dimostrato che un conduttore perfettamente flessibile attraversato da una corrente e sotto l' influenza di una calamita è in equilibrio sol quando assume la forma della curva magnetica corrispondente. Ora l' ago d' inclinazione giace sempre nella curva magnetica corrispondente a quel punto; quindi l' asse di una striscia aurora-

le deve giacere nella curva magnetica che passa per la sua base.

Durante le grandi apparizioni aurorali s'è visto che la direzione dell'ago d'inclinazione variava di 2 a 3 gradi; quindi anche le strisce aurorali dovevano cangiare; però la direzione media di queste deve essere poco differente dalla inclinazione media. Di qui risulta l'apparenza delle corone dove tutte le strisce sembrano convergere allo zenit magnetico.

11. Gli archi aurorali assumono una direzione perpendicolare al meridiano magnetico in conseguenza dell'influenza del magnetismo terrestre. Essi consistono di tante strisce parallele tendenti ad allinearsi (come una riga di soldati) su di una curva perpendicolare ai vari meridiani magnetici formando così un *anello* attorno al polo magnetico. Lo stesso fatto è stato constatato sperimentalmente. Quando l'elettricità si scarica da un conduttore a un altro nell'aria rarefatta, furono un pennacchio di luce diffusa e colorata; ma De La Rive ha mostrato che se uno dei conduttori diventa un forte polo magnetico, la luce della scarica forma un completo anello attorno a questo, ed è dotato di un moto rotatorio il cui verso dipende da quello della scarica elettrica e dal polo della calamita.

Simile effetto ha luogo anche nelle aurore. L'arco aurorale è una porzione di un anello luminoso il cui centro è il polo magnetico Nord, i cui punti sono egualmente elevati sulla superfice del suolo e taglia ovunque il meridiano magnetico ad angolo retto.

12. Gli archi aurorali non sono rigorosamente normali ai meridiani magnetici; ma si è visto che se ne scostano variabilmente. A Bossekop (lat. 70° N.) la deviazione media fu di 10° Ovest. Noi possiamo bensì attribuire le variazioni di due o tre gradi dalla posizione normale alle perturbazioni dell'ago durante le grandi aurore. Ma le deviazioni così forti e permanenti nella direzione dell'arco aurorale accennano ad una causa locale e costante.

Il sig. Bravais pensa che la direzione del meridiano magnetico è in parte determinata dalla sua posizione rispetto ai poli della terra, e in parte dalle accidentalità del suolo (la distribuzione della terra e del mare, la struttura della terra ec.);

per ciò la direzione dell' ago magnetico potrà in alcuni luoghi differire di molti gradi da quella che sarebbe senza le influenze locali. Ora queste influenze locali diminuiranno d' effetto assai più che non le influenze dei poli magnetici a misura che ci alzeremo sulla superfice della terra, e all' altezza di 100 o 200 miglia la direzione dell' ago magnetico potrà esser differente di molti gradi da quella che si verifica alla superfice terrestre. Al Nord d' Europa l' estremo N. dell' ago magnetico indica molti gradi più all' Est che non dovrebbe se i meridiani magnetici fossero simmetrici. Quindi non sembra improbabile che in queste regioni la declinazione dell' ago magnetico cresca a misura che ci alziamo sulla superfice del suolo in ragione di 1° per ogni 10 miglia (16 chil.). Questa supposizione confermerebbe sempre più l' accordo della nostra teoria colle osservazioni.

13. Le scintille luminose tanto frequenti nelle grandi apparizioni aurorali sono dovute ad ineguaglianze nella scarica dell' elettricità. Il mezzo entro il quale succede la scarica elettrica essendo poco conduttivo, e non omogeneo la scarica avverrà ad intervalli con maggiore o minore intensità.

14. *Causa delle perturbazioni magnetiche.* — Le perturbazioni dell' ago magnetico durante le aurore sono dovute alle correnti elettriche che hanno luogo fra l' atmosfera e il suolo.

Un ago magnetico è deviato dalla sua posizione d' equilibrio da una corrente elettrica prossima ad esso, Quindi una corrente elettrica attraverso al suolo o all' atmosfera deve produrre lo stesso effetto. E noi sappiamo antivedere in ogni caso in qual verso accadrà la deviazione dell' ago colla scorta della legge di Ampère. È probabile che i poli magnetici terrestri sieno dovuti a correnti elettriche circolanti attorno alla terra da Est a Ovest.

Se vi fossero attorno al globo tali correnti dirette secondo i paralleli magnetici il loro effetto sarebbe appunto quello di fare assumere all' ago magnetico in ogni luogo la posizione che si osserva di fatto. Lamont, di Monaco, crede d' aver provata l' esistenza di correnti terrestri circolanti da Est a Ovest sulla superfice della terra.

Ma, secondo la teoria di De La Rive, la corrente che dai poli va verso l' equatore per la terra deve modificare la dire-

zione della corrente *Est Ovest* e, per l'emisfero settentrionale, la risultante delle due correnti sarà diretta da N. E. a S. O. L'esistenza di una corrente in quest' ultima direzione è stata constatata nel modo più positivo:

1. Da osservazioni fatte sulle linee telegrafiche in Inghilterra col galvanometro.

2. Da osservazioni simili fatte negli Stati Uniti e in altri paesi.

3. Da simultanee osservazioni, fatte dal 1836 al 1841, sulla declinazione per molti punti dell' Europa.

4. Da simili osservazioni fatte su diversi punti nel Nord d' America, dal 1840 al 42.

Questa corrente non è peraltro costante nè in intensità nè in direzione ma va alternativamente a corti intervalli nei due versi opposti. Questo fatto fu chiaramente menzionato nel Settembre 1859 sulle linee telegrafiche degli Stati Uniti. Fu pure osservato nella Svizzera dove la corrente Nord continuava per 2 o 3 minuti poi scemava gradatamente d' intensità ed era succeduta da una corrente Sud della durata di soli 60 o 90 secondi e meno intensa la quale pure scemava d'intensità per dar luogo di nuovo alla corrente del Nord che aveva in generale una durata e una intensità doppia di quella del Sud.

Anche nell' Inghilterra le correnti Nord sono generalmente più forti e di maggior durata delle correnti Sud ma la differenza è minore di quella osservata nella Svizzera.

Il sig. Walker avendo paragonato le osservazioni magnetiche di Greenwich e Kew colle osservazioni precedenti ha trovato che le variazioni degli aghi magnetici erano appunto tali quali avrebbero dovuto essere per l' influenza delle correnti constatate sulle linee telegrafiche.

15. Gli *effetti dell' aurora sui fili telegrafici* sono simili a quelli prodotti dai temporali e si differenziano solo per la costanza e l' intensità. Nei temporali, quando avviene una scarica fulminea, l' elettricità è scaricata istantaneamente pei fili, mentre durante le aurore le correnti continuano pei fili per qualche tempo e talvolta si mantengono costanti per alcuni minuti.

16. La *distribuzione geografica* delle aurore sembra dipendere principalmente dalla intensità relativa del magnetismo terrestre alle varie latitudini le circostanze favorevoli all' apparizione delle aurore sembrano essere:

1. Una forte tensione elettrica positiva dello strato superiore dell'atmosfera.

2. Un'atmosfera cosparsa di vapore condensato sotto forma di fiocchi di neve.

3. Che questo vapore condensato formi come un esteso e imperfetto conduttore perchè l'elettricità possa propagarsi da un punto all'altro del cielo, e dall'atmosfera al suolo. Secondo le sperienze di De La Rive, la luce elettrica sarebbe più viva in vicinanza al polo magnetico ma non direttamente al polo stesso, poichè la scarica elettrica tende a formare un anello a qualche distanza dal medesimo. Le aurore sono quindi molto frequenti lungo una certa zona che segue l'andamento dei paralleli magnetici poichè taglia sensibilmente i meridiani magnetici ad angolo retto.

17. *Perchè le aurore non avvengono dentro ai tropici?* — La rapida evaporazione che avviene entro ai tropici trasporta molta elettricità nell'alto dell'atmosfera; ma a cagione della grande secchezza dello strato d'aria inferiore, non può avvenire la scarica delle due elettricità come nelle aurore. Ma quando avviene una precipitazione di vapore, la condensazione è copiosissima e subitanea. Dense nubi formano de' buoni conduttori, l'elettricità può acquistare una grande tensione e arriva a superare la resistenza dell'aria sottostante producendo la scarica fulminea accompagnata dal fragore del tuono.

Da un esteso paragone di osservazioni risulta che la frequenza dei fulmini varia colla latitudine come mostra la seguente tabella:

Entro le latitudini	*Numero medio degli uragani con fulmine osservati annualmente*
0°-30°	52
30°-50°	20
50°-60°	15
60°-70°	4
oltre 70°	0

Di qui vediamo che la maggior copia di elettricità atmosferica si trova nelle regioni equatoriali, precisamente dove sono più attive le cause che la sviluppano. A misura che ci allonta-

niamo dall' equatore gli uragani diminuiscono in frequenza mentre le aurore crescono, poichè sopraggiungono le circostanze che favoriscono la scarica lenta e silenziosa invece della scarica esplosiva.

Il lampo e l'aurora quindi sono uno stesso fenomeno — la scarica dell' elettricità fra l' atmosfera e il suolo — e non differiscono che nella forma della scarica stessa.

18. *Causa del periodo diurno della frequenza dell' aurora.* — Il periodo diurno delle aurore dipende probabilmente dalla stessa causa del periodo diurno dell' elettricità atmosferica. Infatti dalla media delle osservazioni di tre anni fatte in Londra risulta che alle ore 4 ant. la tensione elettrica è espressa da 20 all' elettrometro di Volta; indi cresce fino alle 10 ant. raggiungendo un massimo di 88; dopo decresce fino alle 4 pom. segnando un massimo di 69; di qui aumenta di nuovo fino a raggiungere alle 10 pom. un massimo maggiore del primo uguale a 104 dal quale ritorna a discendere fino al minimo menzionato delle 4 ant. Vi sono quindi due massimi e due minimi nelle 24 ore.

Le variazioni nell' intensità dell' elettricità atmosferica devono in parte ascriversi alla quantità d' elettricità che si trova nell' atmosfera, e in altra parte alla conduttività dell'aria. E appunto, avanti il levare del sole l'elettricità atmosferica ha una debole tensione poichè l' umidità della notte ha favorito la trasmissione di una porzione dell' elettricità che prima si trovava nell' atmosfera. Dopo il levare del sole l'evaporazione si fa sempre più copiosa e nuova elettricità positiva viene ad accumularsi nell'alto dell' atmosfera, così aumenta la tensione elettrica. Ma andando verso il mezzogiorno l' aria si fa sempre più secca e diventa meno atta a trasmettere l' elettricità, e quantunque nell' alto dell' atmosfera l' elettricità vada sempre aumentando in tensione, pure l' elettrometro alla superficie terrestre indica un' apparente diminuzione. Inoltrandosi poi nella sera l' aria diventa umida e più atta a trasmettere l' elettricità al suolo, quindi l' effetto dell' elettricità sull' elettroscopio cresce fino ad alcune ore dopo il tramonto del sole.

Ora, le stesse cause che favoriscono la trasmissione dell' elettricità dall' atmosfera al suolo produrranno un' aurora ogni volta che l' elettricità dell' aria sia sufficentemente intensa e

l' aria stessa abbastanza conduttiva per dar luogo alle scariche fra le due opposte elettricità.

19. *Causa della periodicità annua delle aurore.* — Anche qui il periodo della frequenza delle aurore dipende dalla quantità di elettricità accumulata nell' alto dell' atmosfera, e dalla conduttività dell' aria. L' accumulazione dell' elettricità è maggiore quando l' evaporazione è più rapida. Ecco perchè nel Nord dell' America le aurore sono più frequenti d' estate che d' inverno. Nell' Europa le aurore sono raramente vedute nell' estate perchè la zona della massima frequenza è molto più verso il polo Nord che non in America. Il crepuscolo dura pertanto nel N. d' Europa, tutta la notte e impedisce di vedere una gran parte delle aurore minori.

20. *Causa del periodo secolare delle aurore.* — Questo periodo nella frequenza delle aurore sembra indicare una influenza dei corpi celesti sopra l' elettricità del nostro globo. I periodi dell' aurora seguono un andamento molto somigliante, se non perfettamente identico, a due ordini di altri fenomeni principalmente, cioè: la media variazione diurna dell' ago magnetico, e la frequenza delle macchie solari.

È perfettamente constatato che l' estremità N. dell' ago magnetico ha nel mattino un moto regolare di 1' a 3 verso l' Est e questa posizione può dirsi il minimo della giornata per la nuova Inghilterra. Questo minimo d' inverno avviene verso le ore 9 ant.; ma nell' estate accade circa alle 7 ant. Avvenuto il minimo, l' ago si muove verso l' Ovest e raggiunge un massimo di deviazione verso le 2 pom. Da questo punto l' ago ritorna verso l' Est e guadagna la primitiva posizione alle ore 10 circa pomeridiane. Durante la notte avviene un' altra piccola oscillazione verso l' Ovest fino alle ore 3 ant.; ritorna quindi verso l' Est alla posizione primitiva. La variazione media diurna dell' ago magnetico non cambia soltanto colla località ma è diversa da un anno all' altro, e queste variazioni annue presentano pure un periodo deciso. Nella tabella seguente, la colonna terza porge la media variazione diurna per ogni anno osservata nei luoghi indicati nella colonna quarta. La seconda colonna mostra la frequenza relativa delle macchie solari dedotta da più di 20000 osservazioni pel Prof. Wolf. La quinta colonna mostra gli anni di massima e minima frequenza delle aurore.

Periodi delle macchie solari, del magnet. terrestre e delle aurore polari.

ANNI	N.° relativo delle macchie solari	Variazione magnetica	Stazioni magnetiche	Aurore	ANNI	N.° relativo delle macchie solari	Variazione magnetica	Stazioni magnetiche	Aurore
1749	63.8				1807	10.0 ?			
1750	68.2	.....	....	Massimo	1808	2.2			
1751	40.9				1809	0.8			
1752	33.2				1810	0.0			
1753	23.1 ?				1811	0.9	.....	....	Minimo
1754	73.8				1812	5.4			
1755	6.0	.....	....	Minimo	1813	73.7	6'.56?	Londra	
1756	8.8				1814	20.0 ?	7.62	»	
1757	30.4				1815	35.0 ?	7.66 ?	»	
1758	38.3 ?				1816	45.5	.....		
1759	48.6 ?	10'.76	Londra		1817	43.5	8.55	»	
1760	48.9	.....	....	Massimo	1818	34.1	8.81	....»...	Massimo
1761	75.0				1819	22.5	7.77	»	
1762	50.6				1820	8.9	7.79	»	
1763	37.4				1821	4.3	9.10	Parigi	
1764	34.5				1822	2.9	8.83	»	
1765	23.0				1823	1.3	8.18	....»...	Minimo
1766	17.5 ?	.....	....	Minimo	1824	6.7	8.20	»	
1767	33.6				1825	17.4	9.67	»	
1768	52.2				1826	29.4	9.76	»	
1769	85.7				1827	39.9	11.31	»	
1770	79.4	.....	....	Massimo	1828	52.5	11.52	»	
1771	73.2				1829	53.5	13.74	...»...	Massimo
1772	49.2				1830	59.1	12.40	»	
1173	39.8				1831	58.8	12.17 ?	»	
1774	47.6 ?				1832	22.5	.....		
1775	27.5				1833	7.5	.....	....	Minimo
1776	35.2 ?	.....	....	Minimo	1834	11.4	7.79 ?	Gottinga	
1777	63.0	11'.2 ?	Montmorency		1835	45.5	9.57	»	
1778	94.8	10. 0 ?	»		1836	96.7	12.34	»	
1779	99.2	8. 5 ?	.....».....	Massimo	1837	111.0	12.27	»	
1780	72.6 ?	5. 5 ?	»		1838	82.6	12.74	»	
1781	67.7	9.12	Mannheim		1839	68.5	11.03	Praga ..	Massimo
1782	33.2 ?	8.11	»		1840	51.8	8.84	»	
1783	22.5 ?	8.77	»		1841	29.7	7.43	»	
1784	4.4 ?	6.98	.....».....	Minimo	1842	19.5	6.54	»	
1785	18.3	8.56	»		1843	8.6	6.57	...»...	Minimo
1786	60.8	14. 0	Parigi		1844	13.0	6.05	»	
1787	92.8	15.14	»		1845	35.0	6.99	»	
1788	90.6	13.48	....»....	Massimo	1846	47.0	7.65	»	
1789	85.4 ?	12.60 ?	Londra		1847	79.4	8.78	»	
1790	75.2	14.85 ?	»		1848	100.4	10.75	...»...	Massimo
1791	46.1	12.27 ?	»		1849	95.6	10.27	»	
1792	52.7 ?	8.87 ?	»		1850	64.5	9.97	»	
1793	20.7 ?	8.43	»		1851	61.9	8.32	»	
1794	23.9	8.27 ?	»		1852	52.2	8.09	»	
1795	16.5	7.48 ?	»		1853	37.7	7.09	»	
1796	9.4	8.02 ?	»		1854	19.2	6.81	»	
1797	5.6	8.30 ?	»		1855	6.9	6.41	»	
1798	2.8	7.44 ?	.....».....	Minimo	1856	4.2	5.98	...»...	Minimo
1799	5.9	7.56 ?	»		1857	21.6	6.95	»	
1800	10.1	7.14 ?	»		1858	50.9	7.41	»	
1801	30.9 ?	7.74 ?	»		1859	96.4	10.37	»	
1802	38.3 ?	8.58 ?	»		1860	98.6	10.05	»	
1803	50.0 ?	9.16 ?	»		1861	77.4	.....	....	Massimo
1804	70.0 ?	8.48 ?	.....».....	Massimo	1862	59.4			
1805	50.0 ?	8.72 ?	»		1863	44.4			
1806	30.0 ?				1864	45.6			

Dall' ispezione di questa tabella scorgiamo che l'ago magnetico è soggetto a delle variazioni periodiche la cui regolarità è più evidente negli ultimi 25 anni nei quali l'ago è stato osservato con maggior cura che non si fece avanti. L'intervallo da un massimo all'altro è poco maggiore di 10 anni. Inoltre i successivi massimi non sono uguali fra loro ma vanno aumentando e diminuendo in modo da presentare i valori maggiori ogni 5 o 6 periodi, cioè nel corso di 50 a 60 anni.

Anche la frequenza relativa delle macchie solari mostra una simile periodicità, e il massimo numero di macchie corrisponde in modo rimarchevole col valore massimo della variazione magnetica. Il perfetto accordo nei tempi dei massimi e dei minimi, fra questi 3 ordini di fenomeni, che si osserva negli ultimi 40 anni ci permettono di concludere che le anomalie che si riscontrano negli anni antecedenti sieno dovute principalmente al non essere le stesse osservazioni complete; infatti le cronache esatte delle macchie solari non cominciarono che nel 1826; e prima del 1818 le osservazioni magnetiche erano per la massima parte occasionali, quindi insufficenti per determinare coll' approssimazione voluta la media variazione diurna. Anche per le macchie solari si osserva che i massimi non sono tutti dell' eguale valore, ma mostrano un periodo di aumento e di diminuzione. Uno di questi periodi sarebbe compreso fra gli anni 1779 e 1837 nei quali i massimi furono maggiori di tutti gli altri e comprenderebbero un periodo di 58 anni.

Le aurore, abbiam visto, mostrano un massimo straordinario negli anni 1779-80 e un altro negli anni 1839-40 abbracciando così un intervallo di 60 anni, e durante questo periodo vi furono de' massimi e minimi nella frequenza delle aurore che corrispondono in modo singolare coi massimi e minimi delle macchie solari ad eccezione del periodo 1800-20 durante il quale le aurore furono per altro troppo scarse per offrire un sicuro criterio sulla loro relativa frequenza.

Sembra quindi molto bene stabilito che questi tre fenomeni: l' abbondanza delle macchie solari, le variazioni nella declinazione magnetica e la frequenza delle apparizioni aurorali manifestano due periodi ben distinti: un periodo di 10 a 12 anni fra un massimo e l'altro è un periodo di 58 a 60 anni

fra i successivi massimi dei massimi. Il primo di questi periodi corrisponde alla rivoluzione del pianeta Giove; la prima idea è stata quella che le variazioni nelle macchie solari fossero dovute all' influenza di Giove. Ma se Giove esercita una così grande influenza sul sole come il maggior pianeta, bisogna credere che anche Saturno, che gli è secondo, eserciti una simile influenza sebbene meno potente. Ora Saturno compie la sua rivoluzione in 30 anni circa, e poichè 5 rivoluzioni di Giove corrispondono quasi a 2 di Saturno, avremo un periodo di 59 $^1/_2$ anni alla fine del quale i due pianeti si troveranno quasi nelle stesse posizioni relative di prima, quindi la loro azione riunita dovrebbe offrire appunto un periodo di 59 $^1/_2$ anni.

Se Giove e Saturno esercitano veramente tale influenza sulla superfice solare, sembra probabile che ognuno degli altri pianeti debba pure esercitare qualche, benchè piccolissima, influenza; così la terra dovrebbe produrre nelle macchie solari un periodo di un anno, e Venere e Mercurio, un periodo ancor più breve.

Se noi vogliamo cercare in qual maniera i pianeti possono esercitare una influenza sulla superfice solare ci troviamo completamente nel campo delle conghietture; una fra queste sarebbe la seguente:

Si ammettono nel sole delle potenti correnti elettriche circolanti attorno ad esso, e queste correnti potrebbero anche essere la causa del calore e della luce solare. Queste correnti influenzando i vari pianeti provocherebbero su di essi delle correnti o le modificherebbero se già esistenti; e queste correnti alla lor volta, circolando attorno ai pianeti reagirebbero sulle correnti solari stesse con una intensità dipendente dalla distanza variabile del pianeta dal sole, e quindi con periodi corrispondenti ai tempi delle rispettive rivoluzioni.

Queste perturbazioni delle correnti elettriche solari possono essere una causa determinante le macchie solari, come pure le stesse perturbazioni delle correnti solari possono cagionare una simultanea perturbazione delle correnti terrestri dando luogo ad apparizioni straordinarie di luce elettrica, cioè di aurore polari.

Un' altra ipotesi, per interpretare la connessione di questi fenomeni, è quella fondata sullo spostamento graduale e continuo dei poli magnetici sulla superfice terrestre. La inclinazione dell' ago magnetico a Parigi era di 75° nell' anno 1671, mentre nel 1864 era solo di 66°.3'; l' inclinazione era adunque diminuita di 8°.57' in 193 anni, cioè, in medio, 2°.7' all' anno. Altre osservazioni fatte su diversi punti d' Europa portano al medesimo risultato.

Al Nord-Est degli Stati Uniti l' inclinazione magnetica raggiunse il suo minimo circa il 1843 ed ora cresce lentamente. Questo cambiamento dell' inclinazione implica un cambiamento di distanza del polo magnetico terrestre, e probabilmente una variazione corrispondente nella frequenza delle apparizioni aurorali. Noi non sappiamo quale sia la causa dello spostamento dei poli magnetici, nè se esso è periodico. Si è supposto che fosse dovuto a grandi cambiamenti geologici della crosta terrestre; ma qualunque sia l' origine sua questa causa deve modificare e complicare i periodi prodotti dall' influenza dei corpi extra-terrestri sopra il magnetismo del globo.

21. *Perchè le grandi apparizioni aurorali hanno luogo simultaneamente nei due emisferi della terra?* — Si è veduto che durante gli anni 1841-48 si osservarono a Hobarton (latitudine 42°.52' S.) 34 aurore, in 29 casi delle quali fu vista contemporaneamente anche in Europa e in America, e nei 5 altri casi si verificarono forti perturbazioni magnetiche da far credere alla presenza di aurore in stazioni non molto distanti. Le grandi apparizioni aurorali del 29 Agosto e del 2 Settembre 1859 furono le più rimarchevoli che mai si sieno rammentate nell' emisfero Nord. Ambedue furono cospicue a Cuba dove non si rammentano che 4 aurore. Quella del 2 Settembre fu veduta a 12° lat. Nord dove non vi era nemmeno la tradizione di un tal fenomeno. Un' aurora avvenne contemporaneamente nell' emisfero meridionale e fu quasi egualmente rimarchevole per lo splendore e per l' estensione geografica.

Non si può quindi spiegare le grandi apparizioni di aurore nell' emisfero settentrionale col supporre che l' elettricità dell' atmosfera sia deviata temporariamente da un emisfero e condensata nell' altro. Tale ipotesi poi è intieramente combattuta

dal fatto che le variazioni magnetiche mostrano i loro massimi simultaneamente nei due emisferi come si scorge dalla tabella:

Medie variazioni diurne dell' ago magnetico.

ANNI	PRAGA lat. 50°.5' N.	TORONTO lat. 43°.40' N.	HOBARTON lat. 42°.52' S.
1841	7'.43	9'.50	8'.28
1842	6.34	8.67	7.75
1843	6.57	8.90	7.66
1844	6.05	8.87	7.84
1845	6.99	9.41	8.39
1846	7.65	9.27	9.06
1847	8.78	0.40	9.93
1848	10.75	12.11	10.63
1849	10.27	11.77	8.13
1850	9.97	10.88	8.57
1851	8.32	10.15	6.65

Ma se le variazioni magnetiche avvengono simultaneamente e cogli stessi periodi nei due emisferi non possiamo per altro supporre che la quantità di elettricità sviluppata dall' evaporazione dell' oceano sia periodicamente variabile, poichè sappiamo che la temperatura media del globo non cambia sensibilmente da un anno all' altro; quindi noi siamo forzati ad ascrivere queste grandi apparizioni aurorali in non poca parte ad un' azione diretta del sole il quale agisca, per mezzo del suo magnetismo e delle correnti elettriche che circolano attorno ad esso, perturbando le correnti sulla terra. Questa causa sarebbe periodica come le aurore poichè s' è detto che sono appunto i pianeti le cause perturbatrici delle correnti solari. Tale effetto potrebbe supporsi avvenire nei due emisferi contemporaneamente

in conformità alle sperienze fatte colle calamite elettromagnetiche, per cui la luce si dovrebbe mostrare principalmente attorno ai due poli della terra.

Noi siamo dunque condotti a riguardare le aurore polari non più come un fenomeno esclusivamente atmosferico, e ad accordare alle influenze extra-terrestri una grande importanza. Ma se le straordinarie correnti elettriche del globo sono principalmente determinate da forze extra-terrestri, allora, siccome la terra offre le proprietà di una grande calamita permanente, i suoi due poli magnetici dovrebbero esercitare influenze opposte, e perciò dovremmo supporre che le correnti in prossimità dei due poli camminassero nel verso opposto. Siamo adunque portati a conclusioni simili a quelle del sig. Marsh, cioè supponendo una calamita lungo l'asse magnetico della terra e immaginando tutte le curve magnetiche congiungenti i due poli, l'elettricità percorrerebbe precisamente il cammino tracciato da quelle curve; la positiva dirigendosi per l'atmosfera da S. a N. portandosi sulla terra al polo Nord e percorrendo la terra da N. a S. per ritornare al polo Sud. Questa circolazione dell'elettricità non è così chiara sulle carte del sig. Marsh; ma è necessario venire a queste conclusioni per completare la sua teoria.

Se noi riguardiamo le aurore polari come un fenomeno essenzialmente determinato da cause terrestri bisogna adottare il primo sistema della doppia circolazione della elettricità positiva, dall'equatore ai poli per l'atmosfera. Ma se le aurore sono determinate principalmente da forze extra-terrestri sembra più probabile l'ultimo sistema di un'unica circolazione di elettricità dal polo Sud al polo Nord per l'atmosfera. Ora le due ipotesi conducono alle stesse conseguenze per rispetto all'emisfero settentrionale e combinano colle osservazioni fatte; ma esse conducono a risultati opposti sull'emisfero meridionale, poichè la prima ipotesi suppone nel suolo una corrente diretta da S. a N., e la seconda, una corrente da N. a S. Se si potesse determinare la direzione delle correnti nel suolo si verrebbe tosto a decidere per l'una o per l'altra delle due ipotesi premesse. Tali osservazioni potrebbero esser fatte in Australia. Durante le aurore del 28 e 29 Agosto 1859 i fili telegrafici in Australia furono perturbati da correnti elettriche al punto che

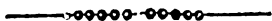
fu quasi impossibile il servizio telegrafico; ma non risulta che si fossero fatte delle misure per determinare il verso di quelle correnti.

Qui il Prof. Loomis avverte come abbia ricorso ad ipotesi nel trattare l'argomento delle aurore solo perchè sono formole convenienti per connettere fra loro vari fatti che sembrerebbero disgiunti, e perchè spesso tracciano la via a nuove ricerche come appunto quelle ultimamente espresse sulla direzione delle correnti elettriche terrestri nell'emisfero meridionale. Finisce poi rivolgendosi agli osservatori meteorologici in riguardo alle future apparizioni colle seguenti raccomandazioni che è bene sieno conosciute da tutti.

« È a desiderarsi: 1. che fosse conservata una continua e completa memoria di tutte le aurore visibili per un buon numero di stazioni, e tali stazioni dovrebbero estendersi possibilmente su tutta la frontiera settentrionale degli Stati Uniti, e le osservazioni, fatte d'anno in anno. Esse dovrebbero riassumere una memoria di *tutte* le aurore, anche le più deboli, e dovrebbero descrivere concisamente il loro grado di splendore. Tali memorie abiliterebbero a tempo debito a decidere le quistioni che potessero sorgere rispetto al carattere periodico di questi fenomeni.

« 2. Ogni qualvolta si osservano degli archi aurorali ben definiti, è importante di riferire con accuratezza le loro estremità Est e Ovest al meridiano magnetico. Si potrà così trovare che il vertice dell'arco non giace ordinariamente nel meridiano magnetico.

« 3. Ogni volta si presentano dei pennacchi così ben definiti e appariscenti che possono esser facilmente identificati da varie stazioni, collocarli esattamente in rapporto colle stelle vicine e determinare in che verso e con qual velocità angolare si muovano.

« 4. Registrare accuratamente il tempo preciso di ogni osservazione aurorale ».

INTORNO AD UN LIBRO DEL PROF. *SCHIAPPARELLI* SUL CLIMA DI VIGEVANO; PEL PROF. EMILIO VILLARI.

Gli studi della meteorologia, più particolarmente che gli altri, in Italia venivano negli ultimi anni poco apprezzati e quasi trascurati completamente, salvo l'opera indefessa di qualche isolato cultore. Le cognizioni perciò intorno al nostro clima erano scarsissime, e quelle poche che si avevano bisognava cercarle nei libri stranieri. In questi ultimi anni però tali studi ricevettero un grandissimo impulso in Italia e fuori.

L'americano Maury fece con immensi sforzi studi colossali sulla meteorologia del mare, e ne ottenne brillantissimi risultati per la scienza e per la navigazione. Egli infatti tra l'altro costruì le sue famose carte delle correnti per le quali molte traversate si poterono poscia compiere nella metà del tempo. Così la traversata dall'Inghilterra a Sydney p. e., che si faceva sempre passando pel Capo di Buona Speranza, ed abbisognava di 250 giorni in media per andata e ritorno, fu eseguita poscia in soli 130 giorni ed anche meno, quando secondo le indicazioni del celebre Americano nell'andare a Sydney si toccava il Capo di Buona Speranza e nel tornare in Inghilterra si passava pel Capo Horn. Con questa circumnavigazione s'ebbe adunque il risparmio del 50 per cento nel tempo della navigazione.

Consimili risultati ottenuti già parecchi anni avanti avevano dato allo stesso Maury tale influenza nel mondo scientifico, che sotto la sua iniziativa ed aiutato da quasi tutti i governi si riunì nel 1853 a Bruxelles sotto la presidenza del Quetelet un congresso di meteorologia, che stabilì le norme comuni da tenersi in prosieguo per gli studi meteorologici. L'Italia anch'essa accettò le norme stabilite dal congresso, e così entrò nel campo aperto alle nuove ricerche.

Intanto la spinta era data, ed in Europa e fuori si lavorava pél comune avanzamento della scienza. In Francia sotto la direzione dell'illustre Le Verrier si stabilirono norme precise per un nuovo e comune sistema di osservazioni, al quale molte nazioni, e l'Italia tra queste, s'associarono in modo che già da vari anni per mezzo del telegrafo arrivano tutti i giorni a Parigi ad un'ora stabilita le osservazioni di tutti gli osservatori associati. Questo sistema stabilito con lo scopo della previsione del tempo a piccoli intervalli ha già dato importantissimi risultati sullo studio delle tempeste in generale, e specialmente delle tempeste in Europa.

Nè a questo solo si limitava il concorso dell'Italia in uno studio di tanta importanza. Il governo del Re infatti tra le altre disposizioni creava con decreto del 27 Aprile 1865 una Commissione presieduta dall'illustre Prof. Matteucci, con lo scopo « di raccogliere gli elementi necessari per formare « un libro sul clima d'Italia ».

Tale Commissione per rispondere degnamente al suo cómpito si propose due scopi cioè : di raccogliere in primo luogo e di coordinare insieme in diverse monografie tutte « le osservazioni meteoriche fatte in tanti luoghi d'Italia, per « ricavarne i risultati: questa prima parte può chiamarsi la « *climatologia speciale.* Dai fatti riguardanti i climi speciali « delle varie località dovevasi in secondo luogo per mezzo « di studi comparativi salire alla cognizione di quelle leggi « più generali, che riguardano tutta la penisola o una parte « notabile di essa, od anche regioni più estese a noi circo- « stanti; ciò che forma propriamente la *climatologia generale* « *d' Italia* ».

Un così vasto progetto, e che richiedea ingenti somme di

calcoli e di studi, sarebbe forse naufragato nell' immensità del lavoro che domandava, come non rare volte vediamo accadere di altri progetti affidati alle Commissioni. Per buona fortuna però alla testa della Commissione vi era il Matteucci, uno degli uomini più eminenti e più energici d'Italia, il cui nome vediamo sempre unito a tutto ciò che suona studio e progresso. E infatti dietro la sua potente iniziativa noi ora possiamo avere certezza che si compia tra breve un tanto lavoro; il quale, a volerlo giudicare da un primo saggio che abbiamo sott' occhio, possiamo ritenere che corrisponda appieno all' importanza del soggetto ed alla comune aspettazione (1).

La prima di tali monografie pubblicate per cura della detta Commissione si è quella « *Sul clima di Vigevano* ». In essa si trovano calcolate dall' illustre Prof. Schiapparelli con grandissima cura e sagacia i risultati di 38 anni (1827-1864) di osservazioni, raccolte dal Cav. Dott. Siro Serafini, sul clima di Vigevano. Cotali osservazioni non sono, a vero dire, molto particolareggiate; nulladimeno sono abbastanza precise perchè tra le mani dello eminente astronomo di Milano abbiano fatto rilevare molti risultati, alcuni dei quali di grande importanza. Egli è perciò che abbiamo creduto utile di dare un' idea del detto lavoro, e di esporre le più importanti conseguenze, a cui l' Autore è arrivato.

Vigevano è una città dell' antico Piemonte, e si trova sulla sponda destra del Ticino a S. O. di Milano: la sua esatta posizione geografica è, secondo Plana e Carlini (2), a 6°.31'.17" long. orientale del meridiano di Parigi ed a 45°.19'.11" di latitudine settentrionale. La sua altezza è di 107 metri sul livello del mare, e giace in mezzo ad una pianura solcata da fiumi e canali irrigatori. Il Ticino vi scorre ad un miglio e mezzo dalla parte di greco.

(1) Queste parole furono scritte pochi giorni avanti che l'Italia e la scienza fossero state colpite dalla immatura perdita dell' illustre scienziato. Facciam voti che, morto lui, il suo esempio sia di sprone ai giovani italiani nella via dello studio e delle ricerche scientifiche come lo furono sempre i suoi consigli e le sue parole vivacissime mentre ch' ei visse.

(2) Plana e Carlini *Opérations géodésiques et astronomiques pour la mesure d'un arc du parallèle moyen*. V. II, p. 345.

Le osservazioni vi furono incominciate il dì 1.° Gennaio 1827 e vi durano tuttora: però quelle esaminate dallo Schiapparelli si arrestano all' anno 1864. In questo lungo periodo, che abbraccia due cicli metonici completi, le osservazioni furon solamente interrotte per pochi giorni per condizioni individuali. Esse si riferiscono più specialmente allo stato dell' atmosfera; cioè al grado di serenità del cielo, alla stabilità del tempo, alla frequenza e durata delle pioggie, delle nevi, delle nebbie, alla forza dei venti ec.

Le prime e più importanti osservazioni volgono sullo stato del cielo e sulla sua variabilità. Per eseguire i calcoli opportuni sui dati registrati, i giorni vennero divisi (per evitare qualsiasi incertezza) in tre classi perfettamente distinte cioè: giorni *sereni* si ritennero quelli, nei quali non accadde nessuna interruzione di serenità; *nuvoli* o *coperti* si dissero quelli, che durano coperti da mane a sera, sia per nuvoli sia per nebbie; e *misti* finalmente quelli che non potevano venire classati tra le due prime categorie. Così fissate le norme per considerare lo stato del cielo, noi scorgiamo avanti tutto che Vigevano è un paese non molto piovoso. In esso la serenità prevale sullo stato nuvoloso in modo che durante l' anno si ha una serenità di 0,55; ossia in media per Vigevano si può dire che gli $\frac{11}{20}$ dell' anno sono sereni ed i $\frac{9}{20}$ nuvolosi. Cotale serenità, come è naturale aspettarsi, non è costante in tutto l' anno, ma siegue un ben netto periodo, d' accordo con le stagioni. Ed in vero noi scorgiamo in Vigevano un massimo di serenità, espresso da 0,77 nel mese di Luglio, e che si estende alla prima decade del mese di Agosto; dopo la quale epoca la serenità « declina « uniformemente con tanta rapidità, che nell' ultima decade « di Novembre ha raggiunto il suo valor minimo di 0,33. « Mentre il periodo discendente non dura che circa quattro « mesi, otto ne conta il periodo ascendente: ma questo se- « condo è ben lontano dall' avere nel suo corso la regolarità « del primo. Dalla fine di Novembre la serenità aumenta a « 0,43 fino alla fine di Dicembre; ricade durante il Gennaio « a 0,36; quindi risale rapidamente ed al principio di Marzo « essa è 0,57. Durante i mesi di Marzo, Aprile e Maggio essa

« è quasi stazionaria, oscillando incerta intorno al valore « medio annuo 0,55. Nella seconda decade di Maggio scende « fino a 0,53, e risale rapidamente durante il Giugno, ed al « cominciare di Luglio riprende il valor massimo 0,77 ». Intanto un minimo assai pronunziato si manifesta nella seconda decade di Maggio, col quale corrisponde, come più appresso si dirà, un pronunziatissimo massimo delle pioggie. E questo è tanto più degno di nota in quanto esso può « avere qual« che nesso con l' abbassamento di temperatura, che secondo « molti autori suole aver luogo verso tale epoca (1) ».

(1) È infatti proverbiale quasi in tutti i paesi della terra il freddo che si manifesta nella seconda decade di Maggio specialmente per la sua trista influenza sulle piante, che in generale allora sono nella floritura. Così in Germania chiamano *Mamertus*, *Pancratius* e *Servatius* (10, 12 e 15 Maggio) i tre severi signori (die drei gestrengen Herren). In Francia i tre severi signori dei tedeschi sono detti i *trois saints de glace* ed in Italia i giorni 8 e 9 Maggio tengonsi a preferenza per ricchi di brina. Tale fenomeno per essere nella bocca di tutti chiamò l' attenzione dei dotti e, cominciato a studiare dal Toaldo nel secolo passato, è stato ripreso ultimamente dal Dove. Questi disponendo di gran numero di osservazioni ha costatato che l' abbassamento di temperatura corrisponde per moltissime parti della Germania alla seconda decade di Maggio ed al nord si estende sino a Danzig, ove cessa. Si osserva poi all' est a Parigi, Londra ed all' ovest è quasi nullo verso gli Ural. Al sud si riscontra, sempre secondo il Dove, sino a Berna ed è più oltre limitato dalla catena delle Alpi, dappoichè ad Udine l'andamento della temperatura è crescente di giorno in giorno con molta uniformità. Quest' ultimo fatto trova conferma in un'altra osservazione dello Schiapparelli istesso (V. *Annuario scientifico industriale*, anno 4.° pag. 52 Milano 1868) il quale avendo esaminato il corso della temperatura per Torino per un periodo di 62 anni e per Milano per un periodo di 25, non scorge nessun abbassamento di temperatura nei giorni di Maggio, conformemente a quello che aveva già il Dove osservato per l' Italia. La limitazione del fenomeno ad una sola parte forse dell' Europa allontana ogni idea che possa dipendere da una causa cosmica, come alcuni avrebbero preteso. Forse tiene secondo Dove (*) ad un aumento d' irradiazione della terra in quell'epoca, giacchè le gelate di Maggio hanno luogo con un cielo perfettamente limpido e con venti secchi di est che soffiano sull'Europa alla metà di Maggio. Nell' Italia settentrionale un tale fenomeno manca forse perchè in quei giorni vi corrisponde un minimo di serenità ed un massimo di pioggia. Ciò concorderebbe con le osservazioni fatte in Italia e con la spiegazione data dal Dove intorno ad un tale fenomeno.

(*) Dove, *Climatologische Beiträge*, Th. 1, Berlin 1857 s. 132, e *Schmid Lehrbuch der Meteorologie*, s. 449. (Nota di *E. Villari*).

Così adunque corre in media il periodo annuo della serenità e del tempo nuvoloso, per la piccola città di Vigevano. Vero è che dalla linea normale media suddetta tutti gli anni più o meno si allontanano e nell' un senso e nell' altro. Nè queste deviazioni tengono alcuna relazione apprezzabile coi mesi precedenti, nè molto meno vi esiste, come da alcuni si era supposto e specialmente da Toaldo, un periodo di anni, il quale riconduce nello stato del cielo le medesime condizioni. Egli mostra maggior fede ad un periodo tra gli altri di 223 lunazioni, da lui chiamato *saros*, il quale dopo 18 anni ed 11 giorni, riconduce le stesse fasi, le stesse anomalie e le stesse latitudini presso a poco. Le osservazioni di Vigevano si estendono per oltre i 38 anni, per cui comprendono il detto periodo e però potette una tale supposizione esser controllata. Ora risulta che una tale supposizione, per Vigevano almeno, se non è fallace, è certamente insussistente. Laonde nè per la storia del tempo dei mesi passati, nè per quella più estesa degli anni trascorsi noi possiamo avere un qualsiasi criterio a giudicare del tempo avvenire.

Una questione assai importante viene inoltre trattata dallo Schiapparelli nel capitolo quarto della sua pregiata Opera: cioè della « influenza della luna sulle meteore. E « qui appena abbiamo bisogno di avvertire, dice l' Autore, « che non aspiriamo al vanto assurdo di predire il tempo « con l' aiuto della luna ».

Già da lungo tempo l' Arago, il Kämtz, il Mädler ed altri s' erano occupati del medesimo soggetto e tutti erano venuti separatamente nella conclusione, che la luna ha una certa influenza sui fenomeni meteorici. Ma quali sono queste influenze e da quali leggi esse possono essere regolate sono state finora delle questioni, a cui la meteorologia non ha potuto dare alcuna adequata risposta. Il libro che abbiamo tra mani porta un poco di luce nell' intricata questione.

Noi adunque troviamo le osservazioni di Vigevano divise in due periodi di 18 anni ciascuno, ond' evitare le incertezze, che in generale sogliono essere prodotte da quelle variazioni, che spesso accompagnano lunghe serie di fenomeni. Tale divisione è eziandio utile, dappoichè ciascuno

dei due intervalli viene ad abbracciare uno stesso numero d'anni e di lunazioni, e quindi un ritorno completo degli stessi giorni e delle stesse fasi. Così disposte in due tavole le osservazioni dei due periodi di anni e senza aver fatto subire alle cifre alcuna combinazione artificiale si scorge chiaro dall'esame comparativo di esse che vi è « una grande « analogia nell'andamento dei loro numeri. Nell'una e nel« l'altra si vede la proporzione dei giorni sereni preponde« rare e diventar massima verso il primo quarto della luna e « subire una diminuzione sensibile verso l'ultimo quarto. « L'opposto si vede dei giorni nuvolosi ». I giorni misti senza mostrare alcuna variazione regolare sembrano procedere in modo abbastanza uniforme dal principio alla fine della lunazione.

Egli è però troppo breve un periodo di soli 19 anni per poter compensare tutto ciò che vi è di casuale (e ve n'è certamente gran parte) nello stato del cielo, per cui si osservano tra i numeri suddetti sempre delle variazioni saltuarie, e che in parte possono coprire ed anche nascondere la legge che si vuole studiare. Laonde per compensare il meglio possibile cotali influenze capricciose e casuali l'Autore ha sottomesso i detti risultati a dei calcoli molto semplici. Egli ha fatto cioè la *perequazione* (1) di 5 in 5 giorni per trovare il numero o, come si dice, la frazione di serenità per un dato giorno. Così le influenze istantanee e parziali, che potevano agire sopra un dato giorno, sono state di gran lunga diminuite, e la influenza o la legge d'influenza della luna sullo stato del tempo emerge con molto maggiore evidenza. Ed invero dalla suddetta perequazione risulta che « pei « giorni sereni la proporzione intorno alla luna nuova ha « presso a poco il valore medio di 0,367. Cresce quindi ra« pidamente sino al primo quarto dove tocca al massimo. « Segue un primo minimo secondario verso il 12.° giorno; « dopo del quale si ritorna verso il valore medio nel pleni« lunio. A questo segue il minimum assoluto verso l'ultimo

(1) La *perequazione* di una serie di numeri di 5 in 5 si fa sostituendo a ciascuno di essi la media che si ottiene sommandolo coi due precedenti e coi due seguenti e dividendolo per 5.

« quarto. Un maximum secondario ha luogo il 27.° giorno;
« dal quale si ricade presso il novilunio sul valore medio an-
« nunziato in principio. L'andamento dei giorni nuvolosi è
« quasi esattamente inverso a qnello dei giorni sereni: ha il
« minimo assoluto verso il quinto od il sesto giorno; il mas-
« simo assoluto verso il ventiduesimo. Fra questi sono inter-
« calati due massimi e minimi secondari. I giorni misti non
« subiscono alcuna variazione progressiva notabile dal prin-
« cipio alla fine della lunazione, e sembrano oscillare intorno
« al loro valore medio in limiti assai più stretti che i giorni
« sereni e nuvolosi ».

È cosa intanto degnissima di osservazione che i massimi ed i minimi di sereno e di nuvolo cadono all'incirca in punti opposti dell'orbe sinodico, e che l'influsso lunare non è simmetrico rispetto alla linea delle sizigie, come potrebbe forse aspettarsi, ma è simmetrico rispetto alla linea delle quadrature, cadendo i massimi e minimi principali assai vicini alle quadrature. Nè poi cotesta influenza lunare è per avventura da considerarsi come assai piccola, imperciocchè comparata a quella del sole risulta che « nei nostri climi il sole è circa « 7 volte più forte nel produrre i cangiamenti delle meteore ».

Oltre a queste diverse influenze, il tempo relativamente alla sua variabilità segue un certo periodo durante il corso dell'anno; periodo che certamente ha una gran parte nei climi dei diversi paesi. Per Vigevano la massima costanza e stabilità del tempo ricorre nei mesi estivi e nei mesi invernali; in quelli vi è costanza nel buono, in questi nel cattivo tempo. La massima variabilità ricade naturalmente nei mesi di primavera (Marzo-Aprile) e d'autunno (Ottobre).

Questa variabilità non accade poi con la medesima facilità in tutto l'anno nè con la medesima prestezza. Così la variabilità è limitata e graduale nei mesi estivi (specialmente Luglio) ed è repentina nei mesi invernali (Dicembre-Marzo).

Notiamo altresì che in un dato periodo dell'anno e proprio da Settembre ad Aprile il tempo passa più facilmente e con rapidità dal bello al brutto, ossia in tali mesi si guasta facilmente e repentinamente. In vece nei mesi estivi, dal Maggio all'Agosto andrà con più prontezza al *buono* che al

cattivo ed avrà maggiore facilità ad accomodarsi che a guastarsi. Considerando ora che nell' estate il tempo normale è il sereno, e nella massima parte degli altri mesi il tempo normale è il cattivo se ne deduce la seguente notabile legge:

« In qualunque stagione dell' anno il tempo oppone mag-
« giore resistenza a spostarsi dal suo stato normale che a ri-
« tornarvi ».

In media poi questi cangiamenti di tempo si verificano (avuto riguardo ai 38 anni di osservazione in Vigevano) 56,8 volte per anno, cioè ogni settimana, o più esattamente, ogni 6,43 giorni si verifica in media un mutamento di tempo. Ed è forse questa la sola parte di vero nella opinione volgare che i cambiamenti di tempo si riferiscono ai quarti della luna. Il certo è che dall' esame di 38 anni di osservazione risulta che l'azione della età della luna rimane insensibile sui mutamenti del tempo: in modo che è assolutamente assurdo aspettarsi dai quarti della luna alcun presagio per la variazione del tempo. Nè questo contraddice ai risultati precedentemente esposti relativi all' influenza delle fasi lunari sulla serenità media del cielo. « Può infatti il tempo avere una
« grandissima variabilità relativa e tuttavia il suo grado di
« serenità rimanere costante o quasi (siccome avviene tutti
« gli anni in Marzo ed Aprile): ed inversamente può essere
« diverso il grado di serenità ed essere accompagnato da va-
« riabilità relativa identica (come in Agosto e in Gennaio)
« Non è dunque assurdo che la variabilità relativa resti co-
« stante per tutta la lunazione, pur variando in modo rego-
« lare il grado di serenità.

A terminare quest' importante analisi intorno allo stato del cielo in Vigevano vogliamo solo aggiungere un' ultima considerazione. Trattando ed osservando adunque i cataloghi delle osservazioni di colà, si scorge evidentemente che lo stato del cielo oppone, come già si disse, una certa resistenza a mutare, per cui lo stato d' oggi influisce su quello del domani, e del domani l' altro, sebbene più debolmente, e poi anche su quello di 3 giorni dopo, fino a sparire intieramente ogni influenza. Egli è adunque facile darsi spiegazione con questa considerazione del noto adagio riguardo al 4.°

o 5.° giorno della lunazione per la previsione del tempo che dice:

Quarto vel quinto qualis
Sic tota luna talis.

Ed è evidente in verità che una lunazione, in cui sia sereno il 4.° o 5.° giorno, più probabilmente seguita ad esser sereno il resto per quella inerzia che offre il tempo nel mutarsi. È altresì da avvertire che le lunazioni, che hanno il 4.° o 5.° giorno sereno, ricorrono più facilmente nell' estate, epoca, in cui è più facile che il tempo seguiti ad esser sereno. Lo stesso potrebbe dirsi pel 4.° o 5.° giorno nuvoloso di una lunazione. Se per lo contrario si eliminano queste due influenze che tengono a tutt' altra origine che alle fasi della luna il proverbio rimane un semplice pregiudizio.

A voler ridurre in poche parole l'influenza della luna sullo stato del cielo potremo dire che al primo quarto corrisponde un aumento della serenità media ed all' ultimo quarto una diminuzione della medesima. Ogni altra influenza è attribuita alla luna dal semplice pregiudizio popolare.

Questi sono senza comparazione i risultati più importanti discussi e ricavati dalle osservazioni di Vigevano.

Una seconda serie di osservazioni riportata nel libro che abbiamo tra mani riguarda i venti, che s' osservaron colà durante il solito periodo di 38 anni. Esse però sono assai incomplete, giacchè non s' hanno intorno ai medesimi altre indicazioni, oltre quelle della loro intensità, giudicata in un modo assolutamente arbitrario. Tra le indicazioni dei venti non si trova giammai fatta menzione della loro direzione. Laonde era impossibile promettersi grandi risultati da così scarso materiale. E solamente quello che può dirsi intorno ai venti dominanti in Vigevano, si è che essi seguono un periodo annuo per cui i mesi di Marzo, Aprile, Maggio e Giugno sono i più ventosi dell' anno. Luglio ed Agosto sono mesi di transizione; tutti gli altri sono mesi di calma e presso a poco il loro stato è uniforme da Settembre a Febbraio.

Il lavoro si termina col registro dei temporali e di altre

meteore degne d' attenzione, dal quale si rileva che i temporali accadono in massimo numero nell' estate e specialmente nelle ore pomeridiane avanti la notte. La influenza della luna pei medesimi è forse simile a quella notata sullo stato del tempo. Nulladimeno questi risultati non si possono che semplicemente rammentare, abbisognando osservazioni più lunghe ed accurate per poterle ammettere o negare.

E qui terminiamo il breve riassunto che abbiamo inteso dare intorno al lavoro dello Schiapparelli sul clima di Vigevano. Non possiamo però tacere che molte altre indicazioni utilissime vi sono registrate, e molte altre importanti quistioni vi sono sollevate, per cui crediamo che sarebbe certamente importantissima cosa per colui che s' interessa di meteorologia prenderne cognizione per intiero.

SULLA MATURAZIONE DEI FRUTTI DI BANANO (MUSA SAPIENTUM L.); RICERCHE CHIMICHE DI O. SILVESTRI.

Le varie specie dei banani o muse di cui nei paesi del nord anche dell'Italia si coltivano dei rari esemplari dentro le stufe calde ove non giungono mai a fruttificare, si vedono invece nell'Italia meridionale e specialmente nella Sicilia prosperare in piena aria e si trovano diffuse nei giardini come il più bell'ornamento dei medesimi, dappoichè per le loro lunghe e larghe foglie, per il loro aspetto esotico danno alla cultura nostra un'idea della vegetazione tropicale. È noto come queste piante sono conosciute dalla più alta antichità per i loro frutti abbondanti, nutritivi e saporiti dei quali i più usati provengono da tre specie. Dietro quanto ne fa sapere Plinio alcuni servivano un tempo di nutrimento ai Bramini o Sapienti delle Indie e fecero dare il nome di *Banano dei Sapienti* o *Musa Sapientum* L. ad una specie. Un'altra specie fu chiamata *Banano del Paradiso* o *Musa Paradisiaca* L. perchè si suppone che sia l'albero dell'antico testamento. La terza specie più usata per i frutti è il *Banano della China* o *Musa Chinensis*. Swect.

Avendo a mia disposizione alcune piante della prima specie, mi è venuto il desiderio di fare qualche ricerca sui cambiamenti che provano durante il processo di maturazione

i frutti nella loro composizione immediata e ne espongo adesso sommariamente alcuni resultati.

I frutti o fichi banani di forma ovoide allungata, leggermente ricurva della lunghezza di $0^{m},08$ a $0^{m},12$, allorchè sono maturi sono gialli, si spogliano facilmente del loro involucro esterno o epicarpo e presentano una polpa (sarcocarpo) molto piacevole al gusto per essere formato da un tessuto molle di sapore dolce accompagnato da un aroma soave simile a quello dell'ananasso. Il peso dei frutti della specie da me esaminata varia da $12^{gr},7$ a $78^{gr},5$ secondo la grandezza maggiore o minore che presentano: in media è di $45^{gr},6$. Il peso dell'involucro esterno o epicarpo, rispetto alla polpa interna sta nel rapporto di $2^{gr},5$ a $10^{gr},2$ nei frutti più piccoli del peso di $12^{gr},7$; di $15^{gr},5$ a 63^{gr} nei frutti più grossi del peso di $78^{gr},5$. In media:

	chil.
100 frutti completi pesano.	4,56
di questi i soli epicarpi	0,90
peso della polpa	3,66

cioè il peso degli epicarpi sta a quello della polpa nel rapporto quasi di 1 : 4.

La polpa nei frutti immaturi presenta l'aspetto di una materia verdastra di una densità = 0,8956 temp. 14° C. composta di tessuto cellulare traversato da vasi propri laticiferi e tanniferi come rilevasi dalla osservazione microscopica. Immergendo una sezione della polpa in una soluzione di un sale ferrico, i vasi tanniferi si colorano immediatamente in nero. Sulla natura e disposizione di questi vasi ho trovato perfetta concordanza con quanto ha dimostrato il recente lavoro del sig. A. Trecul (1).

La polpa dei frutti verdi somministra con la pressione il 38 per °/₀ di materie liquide acide della densità 1,0179 alla temp. 14° C. capaci di dare un leggero precipitato di

(1) *Des vaisseaux propres et du tannin dans les Musacées — Comptes rendus des Scienc.* Paris n.° 10-11. Marzo 1868.

sottossido di rame col tartrato cupro-potassico ed evaporate a bagno maria lasciano 1,5 per °/₀ di materie organiche fisse.

La polpa dei frutti maturi è molle e quasi butirosa, bianca o leggermente giallognola e mi ha mostrato alla temperatura di 14° C. la densità media di 0,919: densità che insieme al calore bianco essa viene ad acquistare solo allorquando i frutti sono maturi mentre prima di quest'epoca (che suole essere per la Sicilia nel Gennaio e Febbraio) i frutti sono verdi e la polpa presenta una densità minore.

I frutti prima di maturare sono ricchi di principii acidi astringenti che producono al gusto una sensazione spiacevole; ma questi diminuiscono in quantità in ragione inversa del processo di maturazione che è nei frutti di banano come per moltissimi altri una vera saccarificazione, durante la quale i detti principii acidi non solo, ma anche i cellulosi, passano a trasformarsi in zucchero. Fra i principii acidi oltre l'acido *tannico* ho trovato la presenza dell'acido *formico*: ma questo vi è contenuto in sì piccola proporzione che per metterlo in piena evidenza è necessario sottoporre alla distillazione una gran massa di frutti verdi. I principii gelatinosi sono rappresentati da una sostanza amorfa simile alla gomma neutra, che si gonfia a contatto dell'acqua ove si scioglie e si rapprende in massa gelatinosa (pectina). Tale sostanza bollendo con acqua a contatto delle materie azotate che si trovano nella polpa dei medesimi frutti acquista proprietà acide e forse si trasforma nei due acidi già conosciuti col nome di acido *pectosico* e *pectico*. È a queste materie gelatinose e azotate che devono i frutti la proprietà nutritiva: secondo Humboldt un ettaro di banani produce 184300 chilogrammi di sostanza alimentare.

Ecco i resultati dei più notevoli cambiamenti chimici che l'analisi mi ha dimostrato effettuarsi sui frutti di banano verdi nel passare allo stato di loro completa maturità (1).

(1) La maturazione di questi frutti si è effettuata nel periodo di due mesi dopo averne staccate dalla pianta le intere fruttificazioni e sospese nell'aria.

Contengono in 100 parti in peso:

	Acqua	Zucchero	Cellulosa	Principii gelatinosi e azotati	Principii tannici astringen.	Acido formico
Frutti verdi. . . .	87,0	0,9	3,4	2,5	6,0	tracc.
Frutti gialli e maturi	83,0	8,7	2,5	4,5	0,8	—

Si vede bene che nella maturazione i principii tannici astringenti quasi spariscono, l'acqua del pari e la cellulosa subiscono una notevole diminuzione e tutto questo contribuisce all'aumento notevole nella proporzione dei principii gelatinosi e specialmente di quella dello zucchero che da 0,9 per °/₀ nei frutti verdi passa alla quantità di 8,7 quasi 9 per °/₀ nei frutti maturi.

Alla maturità completa dei frutti lo zucchero che si è prodotto è solo zucchero *intervertito* e l'ho potuto conoscere estraendolo dal succo dei frutti ottenuto per mezzo della pressione; neutralizzandone la leggiera acidità per mezzo del carbonato di calce, chiarificandolo con albumina, filtrandolo su carbone animale ed evaporandolo a secco. Ho ottenuto una materia vischiosa dell'apparenza di un denso sciroppo di colore rosso scuro, quasi insolubile nell'alcole assoluto, solubile nell'alcole allungato con acqua e solubilissimo nell'acqua. La soluzione esaminata al polariscopio devia a sinistra il piano della luce polarizzata di — 37°.

Lo zucchero intervertito primitivo passa con difficoltà ad assumere delle granulazioni cristalline ed a presentarsi allo stato di *glucosio*. Una quantità di 250 grammi lasciata a se per un anno ha dato appena mezzo grammo di glucosio. La massa siropposa residuale abbandonata a sè per altri 18 mesi si è presentata in gran parte granulosa e cristallina ed

ha dato una quantità di glucosio eguale ai due terzi della sua totalità.

Questa massa cristallina tenuta per qualche giorno sopra un mattone è divenuta secca, ma presentandomi un colore giallognolo l'ho disciolta con alcole allungato di acqua e l'ho trattata con carbone animale: la soluzione evaporata per ottenere nuovamente cristallizzato lo zucchero non mi ha dato che un residuo siropposo che ha ripreso il colore di prima. Questo residuo però dopo due giorni si è rappreso in massa cristallina, la quale messa ad asciugare sopra un mattone poroso, mi ha dato una materia bastantemente pura rappresentante del *glucosio* della densità di 1,38 e i cui cristalli osservati al microscopio immersi nell'alcole assoluto, mi hanno presentato la forma di tavolette esagonali perfettamente analoghe ai cristalli dello zucchero che si estrae dall'uva, dal miele ec.

Lasciato a sè di nuovo il siroppo tuttora incristallizzabile per altri sette mesi, non ha presentato più possibile cristallizzazione ed è rimasto con i caratteri che distinguono il *levulosio* con — 106° di potere rotatorio a sinistra alla temperatura di 15° C.

OSSERVAZIONI IN SEGUITO ALLA NOTA – SULLA GUARIGIONE DI UNA FISTOLA GASTRICA IN UN CANE –; DEL PROF. G. ALBINI.

Il Prof. G. Albini presentò alla R. Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli, il ventricolo preparato a secco del cane operato di fistola gastrica nel Gennaio 1867, ed ucciso nel Febbraio 1868, cioè nel quinto mese dopo la guarigione ottenuta nel passato Novembre.

L' A. fece osservare che all' autopsia si trovarono le pareti addominali oramai scollate dalla faccia anteriore del ventricolo, al quale naturalmente si erano saldate fino dai primi giorni dell' operazione, perchè si stabilisse la fistola, e si mantennero aderenti per tutto il tempo che rimase aperta; come l' Autore dimostra sopra di un altro stomaco d' un cane ucciso mentre la fistola gastrica trovavasi ancora aperta, la quale ha l' aspetto d' un imbuto con apertura larga rivolta all' innanzi. Nel preparato del cane guarito al luogo della fistola si osserva invece che le pareti del ventricolo formano un' eminenza conica, cava e sporgente come un capezzolo all' innanzi con apice rugoso e duro per tessuto di cicatrice. Questa protuberanza limitata delle pareti gastriche evidentemente fu l' effetto delle aderenze acquistate colle pareti addominali e più ancora della trazione della cannula che per molti mesi rimase nella fistola, e tenne strette fra

il disco interno e l'esterno le cedevoli pareti del ventricolo colle più grosse e resistenti pareti addominali. Perciò si crede anche probabile che dopo un lasso di tempo più lungo dalla guarigione, e quindi dallo scollamento della faccia anteriore del ventricolo dalle pareti addominali, l'eminenza sporgente all'innanzi possa ridursi a minime proporzioni e fors' anche scomparire del tutto, ciò che formerà argomento di ulteriori ricerche.

NOTIZIE SULLA VITA E SUI LAVORI DI *MICHELE FARADAY*; PER M. A. DE LA RIVE (1).

(Traduzione, dal Francese, di INNOCENZO GOLFARELLI).

La scienza ha testè porduto uno de' suoi eminenti e fedeli rappresentanti. Faraday è morto la domenica del 23 Agosto 1867 ad Hampton-Court; egli era nato il 24 Settembre 1791 a Nowington-Butts nelle vicinanze di Londra. Egli entrò nel 1804 all' età di 13 anni come apprendista in una bottega da legatore di libri ove egli restò otto anni. Gli passavano tanti libri fra le mani, che non potè resistere alla tentazione di aprirne e di leggerne alcuno. Codeste letture che egli faceva la sera dopo di aver terminato il lavoro giornaliero, gli diedero il gusto dello studio e in particolare quello delle scienze. L' enciclopedia britannica fu quella, che l' iniziò ad alcune nozioni sull' elettricità; nelle opere di M.me Marcet attinse dipoi le sue prime cognizioni sulla chimica. La direzione de' suoi lavori accennò sempre a questo avviamento, perchè essi ebbero essenzialmente per oggetto la chimica e l' elettricità.

« Non crediate », mi diceva egli in una lettera del 2

(1) Abbenchè questo lavoro dell' illustre fisico di Ginevra, non sia più recentissimo, pure la Direzione del Giornale ha creduto, riproducendolo qui, di fare una cosa grata ai lettori, e utile per la storia delle scienze.
R. Felici

Ottobre 1858 (1) ove egli mi dava quei dettagli « che io fossi « un profondo pensatore, nè un fanciullo precoce; io avea « semplicemente molta vita ed altrettanta immaginazione e « i racconti delle *Mille e una Notti*, mi piacevano quanto « l'Enciclopedia britannica. Ma ciò che mi salvò, fu l'im- « portanza, che io diedi di buon' ora ai fatti. Leggendo l'Ope- « ra sulla chimica della signora Marcet io avea cura di ve- « rificare ogni asserzione con delle piccole esperienze, che « io faceva per quanto me lo permetteva il mio peculio, e « la gioia che io provava a verificare in quel modo l'esat- « tezza dei fatti, contribuì specialmente ad invaghirmi della « chimica. Voi dunque potete immaginarvi la gioia che io « provai poscia, a conoscere personalmente la signora Mar- « cet, e quanto io godeva volgendo i miei pensieri al passato « e contemplando ad un tempo in lei i tempi trascorsi e il « presente. Tutte le volte che io le offriva una copia delle « mie memorie, io avea cura d'aggiungervi, che io l'inviava « a lei quale un attestato della mia riconoscenza come mia « prima istitutrice.

« Io ho gli stessi sentimenti per la memoria di vostro « padre, aggiungeva Faraday, perchè fu egli il *primo*, io « posso dirlo, che m'incoraggiò e mi sostenne dapprima a « Ginevra, quando io ebbi il piacere di vederlo colà, poi in « seguito colla corrispondenza che io tenni seco lui rego- « larmente ».

Faraday qui allude ad un viaggio nel quale egli accompagnò nel 1814 Davy a Ginevra, ed ove durante un soggiorno, che egli fece coll'illustre suo maestro presso mio padre, questi scôrse ben presto i meriti del giovane preparatore, e contrasse con esso lui delle relazioni, che non furono interrotte che dalla morte. Faraday, nell'epoca in cui viaggiava con Davy, era suo preparatore all'Istituto reale di Londra, ed io devo dirlo che egli mi ha più d'una volta espresso con lettere ed a voce la sua riconoscenza pel chimico eminente,

(1) Questa lettera mi fu indirizzata nell'occasione della morte della signora Marcet e dei cenni biografici che io era in procinto di pubblicare, (*Bib. Univ.* nuova serie 1858, tomo III). *L'Autore.*

che l' avea ammesso ad uno de' suoi corsi, e avea acconsentito, dopo di aver percorso le annotazioni, che il giovane scolare avea redatte su quel corso, a prenderlo per suo aiuto.

Dall' epoca di quel viaggio di cui vi ho parlato or ora, Faraday eccettuate poche e brevi assenze non lasciò più l' Istituto reale, ove egli avea il suo laboratorio e l' alloggio. Ammogliato ad una donna degna di lui e che divideva e comprendeva tutte le sue impressioni e tutti i suoi sentimenti egli ebbe una vita così tranquilla, come modesta. Egli rifiutò tutte le distinzioni onorifiche, che il governo del suo paese gli decretò: egli si contentò d' un trattamento modico e di una pensione di 300 lire sterline, che bastavano appena ai suoi bisogni, e non accettò altro supplemento, che di godersi negli ultimi anni della sua vita, durante l' estate, una casa di campagna ad Hampton-Court, che la regina d' Inghilterra avea benignamente messo a sua disposizione.

Senza figli, completamente estraneo alla politica e ad ogni specie d' amministrazione, salvo quella dell' Istituto Reale, che egli dirigeva, come avrebbe diretto la sua propria casa, non avendo altro interesse, che quello della scienza, nè altra ambizione che quella di farla avanzare: Faraday fu lo scienziato il più completamente e il più esclusivamente dedicato alla ricerca delle verità scientifiche, delle quali il secolo attuale ci offre l' esempio.

Si comprende tutto ciò che dovette produrre in simili condizioni, una vita consacrata interamente alla scienza, quando ad una intelligenza forte e severa si trova congiunta la più brillante immaginazione. Ogni mattina, Faraday arrivava nel proprio laboratorio, come il negoziante va al banco, e là egli andava a dimandare all' esperienza la verificazione delle idee che egli avea concepite nella veglia, pronto a rinunziarvi se l' esperienza diceva *no*, come pronto a seguirne le conseguenze con una logica rigorosa, se l' esperienza rispondeva *sì*. Il suo lavoro d' ogni giorno non provava interruzione, che le poche ore che egli consacrava di tanto in tanto ad esporre nell' anfiteatro dell' Istituto reale, davanti ad un uditorio tanto numeroso, quanto scelto, alcune

parti della fisica o della chimica. Nulla può dare l'idea della bellezza che aveano quelle lezioni improvvisate, nelle quali egli sapeva combinare un discorso animato e spesso eloquente, colla scelta e colla destrezza dello esperimentare, che eran pari alla chiarezza e all'eleganza del suo dire. Egli esercitava sopra i suoi uditori un vero fascino; e quando, dopo di averli iniziati ai misteri della scienza, egli terminava la sua lezione come avea l'abitudine di farlo, elevandosi nelle regioni ben superiori alla materia, allo spazio e al tempo, l'emozione ch' egli provava, non tardava a communicarsi a quelli, che l'ascoltavano, e l'entusiasmo non avea più limiti.

Faraday era difatti religioso per vero convincimento, e questo sarebbe un abbozzo ben imperfetto della sua vita, se non insistessi su questo tratto particolare che lo caratterizzava.

Le sue convinzioni cristiane occupavano un gran posto nel suo essere, e ne mostrava la potenza e la sincerità, per la conformità della sua vita co' suoi principi. Non era negli argomenti tolti dalla scienza che egli cercava le prove della sua fede; egli le trovava nelle verità rivelate, alle quali riconosceva, che lo spirito umano non può giungere da solo, anche quando, esse siano nella massima armonia con quello, che gli apprendono lo studio della natura e le meraviglie della creazione. Faraday avea da gran tempo compreso con ragione, che i dati scientifici sì mobili e variabili, non bastano all'uomo per dare alle sue convinzioni religiose una base solida e indistruttibile; ma egli avea nel tempo stesso mostrato col suo esempio, che la miglior risposta che lo scienziato possa dare a quelli che pretendono, che i progressi della scienza siano incompatibili con queste convinzioni, è di risponder loro: E frattanto io son cristiano.

La sincerità del suo cristianesimo appariva ne' suoi atti, come nelle sue parole. La semplicità della sua vita, la rettitudine del suo carattere, la benevolenza attiva, che spiegava ne' suoi rapporti cogli altri, gli aveano procurato la stima e l'affezione generale. Sempre pronto a far servigi, egli sapeva lasciare il suo laboratorio, quando la sua presenza era necessaria ad un amico, od utile all'umanità. Lo si vedeva

mettere il suo sapere a vantaggio tanto per una domanda sopra una questione di salute pubblica, o d'una applicazione industriale, che per dare un consiglio pratico ad un artigiano, o esaminare la scoperta di un esordiente nella carriera scientifica. Solamente, come io l'ho già detto, all'infuori di queste poche eccezioni, egli s'era fatto una regola di non lasciarsi distorre dai lavori ai quali egli avea consacrato la sua vita, da delle occupazioni d'un altro ordine o da tutti quei pretesi doveri di società, che dissipano il tempo, abbreviano la vita intellettuale già sì corta e non lasciano che troppo spesso dietro di loro, vuoto e dispiaceri. Non era che ei non sapesse essere eminentemente socievole al bisogno e che non si permettesse delle ricreazioni, quando stanco del lavoro egli avea bisogno di riposo. Ma queste non erano che casualità della sua vita tanto esclusivamente dedicata al suo laboratorio.

La carriera scientifica di Faraday fu tanto felice che completa. Nominato già nel 1823 corrispondente dell'Accademia delle Scienze di Parigi, fu chiamato nel 1844 da quella stessa Accademia ad occupare uno de' suoi otto posti in qualità di socio straniero, dopo di essere stato aggregato successivamente a tutti i corpi scientifici dell'Europa e dell'America. Egli non era punto insensibile a questi onori scientifici, che egli accettava con una vera soddisfazione, mentre che rifiutò costantemente ogni altra specie di distinzioni onorifiche.

Ma egli è tempo di imprendere la parte la più importante di questa notizia, quella che deve essere consacrata all'esame dei lavori di Faraday. Prima di parlare dei lavori stessi, mi sia lecito spendere alcune parole intorno al modo nel quale lavorava Faraday.

È egli vero, che lo scienziato che vuole interrogare la natura deve porsi dinanzi a' suoi apparecchi, farli agire per trarne dei fatti e aspettare che questi fatti siano comparsi per dedurne delle conseguenze, il tutto senza idee preconcette? Certamente il filosofo, che ha potuto darci un simil parere, non avea giammai esperimentato, e in ogni caso

questo metodo non è stato giammai quello degli inventori; nè questo era sicuramente il metodo di Faraday.

Vi è pure un secondo metodo che non era pure il suo, benchè, sia veramente serio e spesso fecondo. È quello, che consiste nel ripigliare i fenomeni conosciuti per istudiarli con una gran precisione, determinandone con cura tutti gli elementi e i dati numerici, in guisa da formularne le leggi che li regolano, e spesso ancora a mostrare l' inesattezza delle leggi, alle quali si credevano soggetti. Questo metodo esige dei grandi studi preparatorii, un gran talento pratico nella costruzione degli apparecchi, una sagacità rimarchevole nell' interpretazione dei risultamenti forniti dall' esperienza ed infine molta perseveranza e pazienza. Egli è vero, che esso conduce sicuramente ad un risultamento, ed ecco il suo buon lato; ma le condizioni difficili che impone, sono altrettanti ostacoli che impediscono, che non sia generalmente seguito salvo che da delle intelligenze straordinarie.

Un terzo metodo ben differente dal precedente è quello, che uscendo dalle vie ordinarie, conduce come per ispirazione a quelle grandi scoperte, che aprono un nuovo orizzonte alla scienza. Questo metodo per esser fruttifero esige una condizione, condizione che non s' incontra che raramente, egli è vero; è il genio. Ora questa condizione si riscontrava in Faraday. Dotato come lo riconosceva egli medesimo di molta immaginazione egli osava andare di sbalzo là, ove moltissimi altri avrebbero indietreggiato; la sua sagacità congiunta a un tatto scientifico squisito gli faceva presentire il possibile, gli impediva di errare nel fantastico. Non volendo che semplicemente dei fatti, e non ne accettando che difficilmente delle teorie, egli era frattanto più o meno diretto da idee preconcette, che giuste o false, lo conducevano a nuove vie, ove spesso trovava ciò che cercava, e qualche volta ancora, quello che non cercava, ma dove sempre incontrava una scoperta importante.

Un simil metodo se è tale da essere sterile ed anche pericoloso per delle menti mediocri, nulladimeno nelle mani di Faraday ha dato origine a grandi cose, in virtù del suo genio, ma anche in virtù di quell' amore alla verità, che lo ca-

ratterizzava, e che lo preservava dalla tentazione, che prova troppo sovente ogni inventore, di vedere ciò, che desidera e di non vedere quèllo che ripudia.

I lavori che sono usciti da questa testa sì bene organizzata sono numerosi e variati; essi s' aggirano come già lo dicemmo, specialmente intorno alla chimica e all' elettricità. Questi ultimi, sono molto più numerosi e più importanti; così consacreremo loro la maggior parte di queste notizie, dopo di aver fatto una esposizione sommaria degli altri.

I.

Nel 1816 H. Davy ricevè una mostra di calce caustica nativa proveniente dalla Toscana. Egli la diede ad analizzare a Faraday, e trovò il lavoro così ben fatto che lo fece stampare aggiungendovi alcune osservazioni. Questo successo diede confidenza a Faraday nelle sue proprie forze e lo incoraggiò a cimentarsi in altre ricerche originali. Ei pubblicò nel 1817 e nel 1818 un lavoro sul passaggio dei gas attraverso ai tubi stretti, dal quale risultava che la velocità dell' efflusso dei corpi gassosi non dipende solamente dalla loro densità ma altresì dalla loro propria natura. Diversi altri punti della fisica e della chimica, all' infuori di quelli, che aveano per oggetto l' elettricità e il magnetismo, attirarono ad intervalli la sua attenzione durante tutta la sua carriera scientifica. Talvolta era una nota sulla combustione del diamante, tal altra uno studio de' suoi prodotti, per la combustione dei gas, o per la sovrapposizione d' un' asta di ferro fortemente riscaldata, sopra una massa di rame alla temperatura ordinaria (esperienza di Trevelyan), tal altra infine, delle ricerche sul limite della vaporizzazione del mercurio o sull' evaporazione di esso a basse temperature. Notiamo due memorie importanti l' una sulla spiegazione di certe illusioni ottiche prodotte dai corpi in movimento, l' altro sulla descrizione di alcune figure acustiche nuove che provengono dalle vibrazioni dello strato d' aria in contatto colle superfici delle lastre vibranti. La sua importante scoperta del *rigelo* cioè della facoltà che hanno due pezzi di ghiaccio ravvicinati l' uno al-

l' altro di saldarsi, pel fatto del semplice contatto ad una temperatura superiore a 0°, seguita nelle sue conseguenze come la è stata da Tyndall, ha ricevuto una estensione assai più grande di quello, che avrebbe creduto egli medesimo. In tutte queste memorie, anche le meno importanti, si ritrova, un' idea originale, un punto di vista nuovo e sagliente che fa immediatamente riconoscere Faraday. E a questa occasione, come potrei io tacermi la sua spiegazione così semplice e chiara delle tavole giranti, e l' esperienza ingegnosa colla quale egli fa vedere e toccar con mano gli sforzi muscolari che fanno, senza che ne abbiano la coscienza, le persone che posano le loro mani sulla tavola, e ne determinano il movimento.

Arrestiamoci ora alcuni istanti ad alcune ricerche di maggior lena, di cui la pubblicazione precedette ed accompagnò anche in gran parte i suoi grandi lavori sull' elettricità.

Nel 1820 Faraday descrisse due nuovi composti del cloro e del carbonio. L' uno è solido, trasparente, incoloro: egli cristallizza in piccoli prismi e in lame, e s' ottiene esponendo all' azione diretta del sole, del gas idrogeno bicarbonato, con una gran proporzione di cloro. L' altro racchiude meno cloro; è liquido, incoloro, possiede una gran densità e si prepara facendo passare il primo attraverso un tubo incandescente, d' onde si svolge del cloro. La scoperta di questi due composti colmava una lacuna importante nella storia della chimica.

Più tardi (nel 1825) Faraday otteneva dalla compressione del gas cavato dal carbon fossile, un nuovo composto, che non meno interessante del precedente al punto di vista scientifico, avea inoltre una grande importanza industriale. Era un bicarburo d' idrogeno allo stato liquido, che si trovava essere la mescolanza di molti composti differenti, dotati di diversi gradi di volatilità, e che si potevano separare colla distillazione. Si sa già, quanto partito ne trasse l' illustre chimico Hoffmann per la produzione dei colori, estraendone l' anilina.

La scoperta di questo bicarburo d' idrogeno, non era che

un incidente nel lavoro che Faraday avea intrapreso nel 1823 sulla condensazione dei gas in liquidi. Il suo modo di operare in questo lavoro, consisteva nel porne in una delle estremità d'un tubo ricurvo, e chiuso ai due estremi, gli ingredienti necessari per la produzione del gas e ad immergere l'altra estremità in un miscuglio frigorifico. Il gas sviluppato in uno spazio chiuso, non tardava a condensarsi allo stato liquido nella estremità raffreddata del tubo. Fu così che, da prima il cloro, poi l'acido solforoso, l'idrogeno solforato, l'acido carbonico, il protossido d'azoto, il cianogeno, l'ammoniaca, l'acido idroclorico furono successivamente condotti allo stato liquido. Eccetto il cloro, tutti questi gas liquefatti erano senza colore e perfettamente trasparenti; essi aveano tutti un potere refriugente superiore a quello dell'acqua. Le prove fatte per ridurre allo stato liquido gli altri gas, specialmente l'idrogeno, l'ossigeno e l'azoto furono infruttuose. Venti anni più tardi nel 1844, Faraday ripigliava queste esperienze condensando direttamente i gas con processi meccanici dentro tubi fortissimi ed ermeticamente chiusi e raffreddandoli per mezzo della mescolanza di etere e di acido carbonico solido, prodotto col metodo di Thilorier. La condensazione poteva andare a 50 atmosfere e l'abbassamento della temperatura fino a — 166 farnh., ossia 100° centigradi sotto 0°. Faraday giunse in questo modo a render liquidi oltre ai gas, che io già ho ricordato, il gas delle paludi, l'idrogeno fosforato e l'idrogeno arsenicato, come pure l'acido fluosilicico, ma non arrivò a solidificarlo. D'altra parte applicando il suo nuovo processo ai gas, che egli avea precedentemente liquefatti, li condusse non solamente allo stato liquido, ma anche allo stato di solidi trasparenti e cristallini; il gas idroclorico solo, fra questi ultimi, non potè divenir solido, mentrechè i gas iodidrico e bromidrico, furono successivamente liquefatti e solidificati.

Egli è facile comprendere tutta l'importanza d'un lavoro, di cui il risultamento era di modificare completamente le idee ricevute sulla costituzione dei gas permanenti, facendoli entrare nella categoria dei semplici vapori; era introdurre nella fisica molecolare una conoscenza nuova ed interessante,

le conseguenze della quale, si sono poi svolte successivamente.

È ancora ad una questione di fisica molecolare che si riferisce la memoria sulle relazioni dell' oro e degli altri metalli colla luce, che Faraday pubblicò nel 1857. Fra gli altri fatti interessanti, che racchiude quella memoria, noi citeremo quello d' una foglia d'oro battuto, che posta sopra una lastra di vetro diventa del tutto trasparente ed incoloro, allorchè essa è portata ad un' alta temperatura, e che vista per trasparenza, riprende il suo color verde se si sottomette ad una forte pressione. Un gran numero di esperienze sui depositi pulverulenti di diversi metalli ottenuti da scariche elettriche trasmesse a traverso fili finissimi, conducono a dei risultamenti rimarchevoli nelle variazioni di colore, che provengono dal cangiamento dello stato molecolare dello stesso corpo. Noi troviamo anche in questa memoria uno studio dettagliato dei colori variati, che presentano diverse soluzioni d'oro, ed in particolare della bella tinta rosso rubino, che si ottiene colla dissoluzione d' una quantità d' oro, che agglomerata in una massa unica, non occuperebbe la settecentomilesima parte del volume d' acqua che essa colora. Non è necessario d' insistere sull' interesse che presentano delle ricerche, che hanno per oggetto lo studio dell' influenza ancora sì mal conosciuta della struttura molecolare dei corpi, sui loro rapporti colla luce e sulla loro trasparenza in particolare.

Fra i lavori molto numerosi di Faraday, che si connettono alle applicazioni della scienza all' industria, noi ci limiteremo a citare le sue ricerche sulla fabbricazione dell' acciaio e su quelle del vetro ottico; queste sono le più interessanti.

Fu a cagione dell'analisi dell' acciaio indiano chiamato *Vootz*, che di concerto con Stodart tentò di comporre una lega, che ne avesse tutte le proprietà, combinando l'alluminio col ferro e il carbonio. In una lettera indirizzata nel 1820 al Prof. De La Rive, egli racconta tutte le prove, che il suo collaboratore ed egli hanno fatto in due anni di lavoro consecutivo per scoprire le leghe le più soddisfacenti. Egli cita, come una delle migliori, quella di rodio e d' ac-

ciaio, e come quella, che presenta delle particolarità curiose, quella d'acciaio e argento: questa ultima lega non diventa una vera combinazione, che allorquando l'argento non vi entra che per $^1/_{500}$. Il platino al contrario si combina in ogni proporzione coll'acciaio. ma non dà una lega tanto buona, che quella di rodio e d'argento per la costruzione degli strumenti a taglio.

Benchè interessanti per molti riguardi, i risultamenti, che Faraday aveva ottenuti nel suo gran lavoro sulle leghe d'acciaio, non erano per la loro importanza in rapporto col tempo e la pena che gli aveano costato. Noi possiamo dire altrettanto delle faticose ricerche sulla fabbricazione del vetro ottico, che egli fece alcuni anni più tardi (nel 1829). Fu sull'iniziativa presa nel 1824 dalla Società Reale di Londra, che nominò un comitato per lo studio del miglioramento del vetro in vista del suo uso ottico, che Faraday fu chiamato ad occuparsene. Mentre che egli attendeva alla parte chimica, Dollond lavorava il vetro, ed Herschell lo sottoponeva alla prova esperimentale. Faraday riconobbe in seguito a lunghe e difficili prove, che il maggior ostacolo, che s'incontrava nella fabbricazione d'un buon flint-glass, cioè d'un vetro molto refrangente, era la presenza delle righe e delle strie provenienti da un difetto d'omogeneità, dovuto egli stesso a delle differenze di composizione, fra le porzioni contigue dello stesso vetro. L'uso dell'ossido di piombo nella composizione del flint-glass era la causa di questo difetto, che non si riusciva ad evitare completamente, anche facendo uso dei mezzi i più efficaci a rendere il miscuglio perfetto, durante il suo stato di fusione. Fra le combinazioni provate, quella del borato di piombo e di silice, diede un vetro dotato di proprietà ottiche ancora più pronunciate di quelle del flint-glass, e che presenta nel medesimo tempo una struttura moltissimo uniforme. Questo vetro che la sua densità considerevole (essa è doppia di quella del flint) lo ha fatto chiamare vetro pesante, si trova avere disgraziatamente una leggiera colorazione giallastra che lo ha reso poco proprio agli usi dell'ottica; ma il lavoro che Faraday avea consacrato alla sua fabbricazione, non è stato perduto, perchè questo stesso

vetro, è divenuto come lo vedremo più lungi, fra le mani dell' abile esperimentatore, l' istrumento di una delle sue più belle scoperte.

Faraday nella lunga e curiosa memoria che egli ha pubblicato sulla fabbricazione del vetro d' ottica, dà una descrizione minutissima di tutti i procedimenti, de' quali egli ha fatto uso, costruzione dei fornelli, scelta dei crogiuoli, mezzi di riscaldamento, artifici diversi tali, quale l' uso del platino in polvere iniettato nel vetro in fusione, per farne disparire le bolle, ec. È un vero insegnamento delle manipolazioni chimiche, e come un complemento al suo trattato su questo soggetto pubblicato nel 1827, che d' allora in poi se ne fecero ben tre edizioni. Tutti quelli, che nel dominio della fisica come in quello della chimica, sono chiamati ad esperimentare possono soli apprezzare l' immenso servigio, che loro ha reso quel trattato, insegnando loro una moltitudine di processi, di dettagli così preziosi a conoscersi e di cui fino allora non si trovava la descrizione in alcuna parte, dimodochè ciascuno era obbligato di farne il noviziato a proprie spese. Bisognava, che uno scienziato, che da lungo tempo combattesse colle difficoltà dello esperimentare, e che avesse saputo sormontarle in una maniera così ingegnosa, si desse la pena di descrivere i mezzi che avea impiegato, in guisa, che la sua propria esperienza potesse servire agli altri. Faraday è stato quello scienziato, e il suo scopo è stato perfettamente raggiunto.

Noi dovremmo forse parlar qui prima di passare ad un altro ordine di cose, di certe idee teoriche di Faraday, appartenenti alla fisica generale, e più particolarmente alla natura delle forze, alla loro reciproca correlazione e all' essenza della materia; ma noi preferiremo aspettare per occuparci delle opinioni, che egli ha espresse sopra quelle quistioni, d' avere esposto i suoi lavori sull' elettricità e il magnetismo. Frattanto noi dobbiamo riconoscere fin d' ora, che i suoi punti di vista in quelle materie sono molto soggetti a contestazione, e che se ciò nondimeno gli hanno inspirato delle ricerche esperimentali del maggior interesse, è una prova, che fra le mani di un uomo di genio, una teoria anche cattiva, può essere l' origine dele più belle scoperte.

II.

Fra i lavori di Faraday piglierò ora in esame quelli relativi all' elettricità e al magnetismo. Non è certo senza esitazione che io imprendo codesto esame, perchè questi lavori sono tanto numerosi, che bisognerebbe allungare oltre misura questi cenni per farne solo una semplice analisi: essi sono nel tempo stesso così variati, che è impossibile di esporli nell' ordine cronologico della loro pubblicazione, senza che ne risulti confusione. Così ad esempio le ricerche sull' induzione sono interrotte da altre sulle decomposizioni elettrochimiche, per esser riprese e completate più tardi. Ogni memoria forma è vero un tutto completo, ma una memoria è spesso seguita da un' altra di cui il soggetto è tutto differente. Sembra che l' Autore dopo di aver trattato una quistione abbia bisogno di raccogliersi prima di ripigliarla e di distrarsi per così dire, occupandosi d' un altro genere di lavoro.

Mi è dunque sembrato che il meglio che mi restava a fare, era di riunire sotto alcuni punti principali tutti quei lavori diversi, per poter darne il sunto senza esser costretto d'entrar troppo in minuti ragguagli. Il primo comprenderebbe tutte le ricerche relative all' elettrochimica: il secondo, quelle che hanno per oggetto l' induzione, sia elettrodinamica, che elettrostatica; il terzo i fenomeni relativi all' azione del magnetismo e dell' elettricità dinamica sulla luce e su tutti i corpi della natura in generale. È vero, che vi hanno alcuni lavori che sfuggono a questa classificazione, atteso che, non rientrano in alcuna delle nostre tre divisioni. Ma questi sono lavori meno importanti, e che sono stati fatti casualmente, vale a dire, che sono il frutto di una circostanza particolare, che ha attirato l' attenzione di Faraday sopra un punto speciale. Tale è per esempio la memoria, che ha per oggetto lo studio delle proprietà elettriche del gimnotto; tale è anche quella, che tratta dello sviluppo della elettricità per lo strofinamento, che esercitano contro corpi solidi, i globuli d' acqua o di altre sostanze trascinate dal vapore : esperienze intraprese nell' occasione della scoperta della macchina d' Arm-

strong. Ve ne sono altre infine, che non contengono, che le conseguenze più o meno indirette delle scoperte fondamentali, che saranno esposte in una delle tre suddivisioni sotto le quali noi le abbiamo radunate. Noi non insisteremo nè sulle une, nè sulle altre, pensando, che noi non possiamo dare un' idea più esatta e più completa di tutti i progressi che Faraday ha fatto fare alla scienza dell'elettricità e del magnetismo, limitandoci a segnalare con qualche estensione le parti le più rimarchevoli delle sue ricerche su questi soggetti.

Faraday avea cominciato la sua carriera scientifica colla chimica; non è dunque a meravigliarsi, che egli abbia cominciato l' elettricità collo studio dell' elettrochimica. Era d'altronde sull'elettrochimica, che dovea esser diretta la sua attenzione in quel laboratorio dell' Istituto Reale, che era stato testimone delle magnifiche scoperte di Davy sulle decomposizioni chimiche operate dalla pila, e in particolare sulla produzione dei metalli alcalini. Occupandosi di questo soggetto egli non faceva che seguire le tradizioni, che gli avea lasciato il suo predecessore.

Le sue ricerche sulla conducibilità elettrica dei corpi, sono un primo passo in questa via. Si trattava di sapere, se come s' era creduto fino allora, la presenza dell' acqua è necessaria perchè i corpi liquidi siano conduttori, e se i corpi solidi non metallici, e per conseguenza composti possono condurre l' elettricità, e condurla senza essere decomposti. Cominciando dall' acqua, che è un isolante allo stato solido e un buon conduttore allo stato liquido. Faraday mostra, che un gran numero di sostanze composte sono nello stesso caso. Tali sono molti ossidi, dei cloruri, dei ioduri, ed una moltitudine di sali, che non conducono l' elettricità allo stato solido, ma che liquefatti dal calore senza alcuna mescolanza d' acqua diventano eccellenti conduttori, e sono decomposti dall' elettricità con separazione dei loro elementi come avviene per le soluzioni acquose. Alla lista di questi composti, Faraday aggiunge quella delle sostanze tanto semplici, come il solfo, ed il fosforo, quanto composte, come i perioduri e percloruri di stagno, e molti altri, che restano isolati allo

stato di fusione, come lo erano allo stato solido. Egli non giunse in questo primo lavoro, malgrado un gran numero di esperienze, in cui faceva intervenire l' influenza del calore e quella dell' elettricità ad alta tensione nello studio del potere conduttore dei corpi solidi, a determinare ben esattamente le condizioni della conducibilità elettrica; solamente egli riconosce, che salva un' eccezione, che egli non considera con ragione, che come apparente, non vi è un corpo solido, che diventando conduttore pel suo passaggio allo stato liquido non sia decomposto dalla corrente elettrica. Diciamo per non ritornarvi sopra, che Faraday ha avuto alcune volte dei dubbi su questo punto, che egli ha anche creduto, che l'acqua potesse condurre l' elettricità senza essere decomposta; ora l' esperienza ha mostrato che in tutti i casi, anche quelli, che sembrano i più favorevoli a quest' opinione l' elettricità non può essere trasmessa in qualsivogliasi forma a traverso un corpo liquido composto, senza che questo corpo non provi la decomposizione elettrochimica.

In quanto alla cagione della conducibilità, siamo ancora ben lungi dal conoscerla; quando si vedono dei corpi, come i gas, diventare conduttori ad un grado elevato di rarefazione, mentre che, sotto la pressione ordinaria essi sono isolanti perfetti, si arriva forzatamente alla conclusione, che l' impossibilità in cui siamo di spiegare questa differenza come tante altre, che presentano sotto lo stesso rapporto i corpi solidi e liquidi, dipende da ciò, che noi non abbiamo ancora un' idea giusta della costituzione molecolare dei corpi. Forse le nuove teorie di molti fisici, quella di Clausius in particolare che considera le particelle formanti i corpi in uno stato di continuo movimento, riusciranno esse a rischiarare questo soggetto, ancora così misterioso. Faraday stesso avea intraveduto questo rapporto tra la conducibilità elettrica e le idee che uno può formarsi sulla natura della materia. In un articolo interessante pubblicato nel 1844, egli mostrava, appoggiandosi sull' esperienza, che nella teoria, nella quale si considera un corpo composto di atomi pesanti separati gli uni dagli altri, da degli intervalli intermolecolari più o meno considerevoli, vi ha una moltitudine di fatti, di

cui alcuni non possono essere spiegati, che ammettendo che siano gli atomi che funzionano da conduttori, e che lo spazio intermolecolare sia isolante, e gli altri, che siano gli atomi isolanti, e lo spazio intermolecolare conduttore; contradizione inammissibile. Egli concludeva da ciò, che bisogna rappresentarsi la materia come continua, o piuttosto rappresentarsi gli atomi come semplici centri di forza, e sostituire conseguentemente alla teoria atomistica la teoria dinamica. Noi vedremo spesso le traccie di queste idee, nei lavori susseguenti di Faraday; in quanto a noi, noi non sapremmo persuaderci; noi siamo convinti, che non è negando l'esistenza della materia propriamente detta, e limitandosi a non ammettere, che delle forze, che si giungerà a risolvere le difficoltà di cui si tratta, e molte altre ancora; ma piuttosto, modificando come l'ha fatto Clausius ed altri, le idee ricevute fin qui, sul modo di costituzione dei corpi, e loro sostituendone altre più in rapporto colle scoperte recenti.

Ma ritorniamo all'elettrochimica. Come io l'ho di già detto, Faraday si occupò da prima delle decomposizioni elettrochimiche operate dalla corrente. Egli comincia dall'ottenere la decomposizione dell'acqua e delle soluzioni per mezzo di un efflusso continuo il più che sia possibile di elettricità ordinaria, lasciando uno strato d'aria interposto fra le punte, che portano e tolgono l'elettricità di una macchina e una striscia di carta inumidita, che questa elettricità attraversa: egli osserva, che il deposito degli elementi separati, del liquido decomposto, ha luogo contro la superficie dell'aria, che è in contatto colla carta. Poi studiando le decomposizioni operate dalla pila, egli esamina le diverse spiegazioni, che si sono date di questo fenomeno, e conclude, che è molto più un fenomeno chimico che elettrico propriamento detto. In altri termini è una forma particolare dell'affinità, che sotto l'influenza dell'elettricità, s'esercita fra le molecole vicine le une alle altre, dimodochè la decomposizione è tanto più facile, che l'affinità è più forte. Egli stabilisce, che il trasporto degli elementi non può farsi, che fra corpi di cui le parti costituenti hanno dell'affinità le une per le altre; e se questi elementi si sviluppano allo stato li-

bero contro la superficie dei poli metallici della pila, è che non possono combinarsi colla sostanza di quei poli, perchè allorquando questa combinazione è possibile, essi non si svolgono più oltre. L' acqua in certi casi, l' aria in altri, come l' abbiamo visto possono servire di poli tanto bene, quanto i corpi solidi. Faraday respinge con ragione l' idea antica di certi fisici, che attribuivano le decomposizioni elettrochimiche alle attrazioni e ripulsioni elettriche ordinarie esercitate sugli elementi di un liquido conduttore, dai poli voltaici che vi sono immersi. I fili metallici, o i conduttori qualsiansi, che trasmettono l' elettricità in un liquido, non sono altra cosa, secondo lui, che delle vie per le quali la corrente elettrica penetra nel liquido; così per escludere ogni idea di tensione elettrica legata più o meno al nome del polo. Faraday propose di sostituire alla denominazione di poli quella di *electrodi*. Egli chiama pure col nome di *electrolisi* la decomposizione chimica operata dall' elettricità, riservando quella d'analisi per le decomposizioni chimiche ordinarie, nelle quali l' elettricità non interviene. Egli chiama infine *elettroliti* i corpi composti suscettibili d' essere decomposti dalla corrente elettrica.

Dopo questo studio preliminare e generale del soggetto, Faraday enumera i risultamenti, che egli ha ottenuti sottomettendo alla decomposizione elettrochimica un numero assai considerevole di composti, tanto semplici acidi o semplici basi, quanto combinazioni saline. Egli insiste sugli effetti secondari, che si presentano spesso in queste decomposizioni, soprattutto quando si tratta di soluzioni acquose nelle quali vi è ad un tempo decomposizione dell' acqua e della sostanza disciolta. Ma il punto essenziale delle sue ricerche è la legge alla quale egli pervenne sulla natura definita della decomposizione elettrochimica. Egli dimostra, fondandosi unicamente sulla esperienza, che la quantità d' azion chimica esercitata da una corrente elettrica, è proporzionale alla quantità d' elettricità, che costituisce quella corrente, e di più che una stessa quantità d' elettricità, ossia una stessa corrente, decompone delle quantità chimicamente equivalenti di tutti i corpi composti, a traverso i quali essa è trasmessa. Così, se

si mette in seguito gli uni degli altri, nel circuito di una pila voltaica molti apparecchi destinati a decompor l'acqua, e a raccogliere i prodotti gassosi di questa decomposizione, si trova, che presso tutti, anche allorquando il grado di acidità dell'acqua e la forma e la grandezza degli electrodi sono differenti in ciascuno, la stessa corrente attraversandoli nello stesso tempo dato, vi produce la stessa quantità di gas, e per conseguenza vi decompone la stessa quantità d'acqua. La quantità d'acqua decomposta in un tempo dato, apprezzata dalla quantità del gas svolto, è dunque la misura esatta della quantità di elettricità, che ha prodotto quell'effetto. Così si è chiamato con Faraday *voltaimetro* l'apparecchio semplicissimo, che riceve l'acqua leggermente acidulata, destinata ad essere decomposta dalla corrente, e per mezzo della quale si misura esattamente il volume del gas sviluppato da quella corrente in un tempo dato.

Riguardo al secondo principio, che la stessa quantità d'elettricità decompone delle quantità chimiche equivalenti di tutti i corpi composti, Faraday lo dimostra, ponendo molti elettroliti differenti, gli uni in seguito agli altri nello stesso circuito, per esempio l'acqua acidulata d'un voltaimetro, del protocloruro di stagno, e del cloruro di piombo l'uno e l'altro in fusione ed ottiene delle quantità di stagno, di piombo, di cloro, d'idrogeno e d'ossigeno, che sono chimicamente equivalenti. Poi risalendo dall'effetto alla causa, egli arriva a concludere, che vi è uguaglianza perfetta fra l'elettricità che decompone un corpo, e quella che è generata dall'azion chimica, che conduce la decomposizione diretta d'una quantità uguale di questo stesso corpo, o di una quantità chimicamente equivalente d'un'altra. Egli è così condotto ad occuparsi della teoria della pila ed a riconoscere, che il potere di questo apparecchio ha la sua origine nell'azion chimica e non nel contatto dei due metalli eterogenei, contatto, che non è necessario nè per produrre una scintilla, nè per determinare una decomposizione chimica.

Egli stabilisce da prima, che sia per ottenere una decomposizione, sia per produrre una scintilla, una piastra di zinco immersa nell'acqua acidulata, basta senza che sia ne-

cessario di mettere lo zinco in contatto con alcun altro metallo. Egli mostra, che in ogni pila, la presenza di un elettrolite cioè di un liquido suscettibile di essere decomposto, è indispensabile, perchè vi sia sviluppo di elettricità. Poi distinguendo nell'elettricità generata l'intensità, (ossia la tensione) e la quantità, egli studia le circostanze, che spettano, sia alla natura dell'azion chimica, sia al numero delle coppie voltaiche associate che influiscono sopra questi due caratteri della corrente. In due parole egli stabilisce una tal correlazione fra quello, che succede nell'interno della pila, e ciò, che ha luogo nell'elettrolite interposto fra i poli di quella pila, che egli è impossibile di non ammettere con lui, che la decomposizione elettrolitica, non è altra cosa, che una forma dell'affinità chimica trasportata dalla pila nell'elettrolite decomposto.

Volendo farsi un'idea della quantità di elettricità, colle particelle di cui si compone la materia, egli cerca di valutare quella, che è necessaria per la decomposizione di un grano d'acqua, riguardandola come è giusto di farlo, come equivalente a quella, che produce l'azion chimica diretta, (azione dell'acqua acidulata sullo zinco) che decompone quel grano d'acqua. Ora egli arriva a questo risultamento incredibile cioè, che quella quantità di elettricità valutata col calore, che essa sprigiona attraversando un filo di platino, è superiore a quella, che si manifesta in 800 mila scariche d'una batteria di bottiglie di Leida, caricata da trenta giri d'una potente macchina elettrica a disco; e per conseguenza come equivalente a quella, che costituisce un violento colpo di folgore.

Le ricerche delle quali ho testè parlato furono fatte nel 1833-34-35. Io mi era occupato in un'epoca precedente a quella, delle stesse quistioni, ed ero arrivato con dei metodi un poco differenti alla stessa conclusione di Faraday, cioè, che è nell'azion chimica, che risiede l'origine dello sviluppo dell'elettricità nella pila voltaica. Così Faraday allude spesso in modo gentile a'miei lavori, e più tardi, nel 1840, egli mi scrisse una lettera, nella quale mi diceva, che essendosi novellamente alleato alla teoria chimica, egli avea affer-

rata la quistione in un modo diretto, come l'avea già fatto, dimostrando che il contatto solo, se non è accompagnato da una azion chimica, non è una sorgente d'elettricità. La memoria nella quale egli tratta a fondo questa questione, è l'ultima, che egli ha consacrato a questa parte dell'elettricità. Egli dimostra in essa mediante una moltitudine di esperienze ingegnose, che la presenza di un elettrolite, cioè di un liquido ad un tempo composto e conduttore dell'elettricità, è indispensabile alla produzione dell'elettricità in una copia voltaica; egli varia le sue esperienze sotto mille forme, ora esaurendo il numero delle combinazioni chimiche impiegate come elettroliti, ora facendo intervenire l'azione della temperatura o quella di altri agenti; e termina mostrando con delle considerazioni generali l'improbabilità dell'esistenza di una forza di contatto.

Si può dire che quell'ultimo lavoro, completamente prezioso di precedenti, ha portato fino all'evidenza la verità della teoria chimica. Questa teoria intraveduta da Wollaston e da Fabroni, e combattuta dalla maggior parte dei fisici del principio di questo secolo avea trovato nelle belle esperienze di Becquerel (il padre) sull'elettricità sviluppata dall'azione chimica un potente argomento in suo favore. Fu allora (dal 1825 al 1835) che approfittando di quelle esperienze e cercando io stesso, di farne delle nuove dello stesso genere, ma in una direzione un poco differente, io pubblicai diverse memorie per appoggiare e precisar meglio di quel che si era fatto fino allora la teoria chimica della pila voltaica. Ma bisogna che io riconosca, che si deve a Faraday l'aver basato questa teoria su prove irrefragabili, non solamente per la varietà e il numero considerevole delle sue ricerche, ma soprattutto per la sua bella scoperta dell'azione decomponente definita della corrente elettrica, scoperta che stabilisce fra l'azion chimica esterna della pila voltaica, e l'azion chimica, che ha luogo nell'interno medesimo di quell'apparecchio, una relazione sì intima, che è impossibile di non vedere nella seconda, la causa della prima.

III.

Faraday scoprì nel 1831 l'induzione elettrica: è la più interessante, se non forse la più brillante delle sue scoperte. Dieci anni prima, (nel 1821) egli avea già osservato un fenomeno nuovissimo nella scienza dell'elettrodinamica; questa scienza, uscita per così dire onninamente dal cervello d'Ampère, in seguito alla scoperta d'Oersted. Colto dalle esperienze del gran fisico francese sulle attrazioni e ripulsioni reciproche delle correnti elettriche e delle calamite, Faraday era stato condotto da delle idee teoriche passabilmente confutabili e poco conformi ai principii della meccanica, ad ammettere, che una corrente elettrica, deve girare attorno al polo d'una calamita con movimento continuo, e che reciprocamente il polo d'una calamita deve girare lo stesso attorno ad una corrente elettrica. Egli verificò coll'esperienza questo doppio risultamento di cui Ampère non tardò a mostrare l'accordo colla sua teoria e ad aggiungervi altri fatti dello stesso ordine. Egli non è men vero, che la scoperta di un movimento continuo di rotazione dovuto all'azione combinata di una calamita, e di una corrente elettrica era molto imprevista, e nello stesso tempo importantissima, perchè non si aveano fino a quel tempo in fisica esempi di questo genere d'azioni. Era un primo passo fatto in questa via, che dovea condurre a ritrovare una relazione fra il movimento meccanico e le forze molecolari.

Arago nel 1824 fu il primo, che stabilì direttamente quella relazione, colla sua bella scoperta del magnetismo per rotazione, perchè egli mostrò, che il semplice movimento meccanico può rendere un corpo non magnetico da se stesso suscettibile d'agire sulla calamita. Faraday andò più lungi nel 1831, scoprendo, che basta avvicinare od allontanare ad un filo metallico, che forma un circuito chiuso, un altro filo parallelo attraversato da una corrente elettrica, o semplicemente una calamita, per destare nel primo filo una corrente elettrica. Egli avea trovata l'induzione, fenomeno che mol-

tissimi altri avean cercato invano sospettandone l'esistenza, ma che egli solo era riuscito a produrre.

Fermiamoci un istante sulla sua esperienza fondamentale :

Si avvolgono due fili di metallo coperto di seta, l'uno coll'altro attorno un cilindro di vetro o di legno; i due fili sono così isolati, ed hanno tutte le loro spire ravvicinate e parallele. Si fa passare una corrente elettrica in uno dei fili, subito se ne manifesta una diretta nel senso contrario nel filo vicino, di cui le estremità sono congiunte ad un galvanometro; ma questa corrente non dura che un istante. S'interrompe la corrente che passava attraverso al primo filo; immediatamente, se ne svolge ancora una nel secondo filo, istantanea come nel primo caso, ma diretta nello stesso senso della corrente produttrice, in vece di esserlo in senso contrario. L'istantaneità di queste due correnti, il fatto della loro direzione alternativamente contraria, ecco i due caratteri importanti di questo nuovo modo di produzione dell'elettricità.

Faraday non si tenne pago di questo: partendo dall'ipotesi d'Ampère, che una calamita non sia, che una riunione di correnti elettriche disposte attorno ad un asse, in una maniera molto analoga alla circolazione di una corrente elettrica attraverso un filo metallico ripiegato ad elica, egli tentò di sostituire nella sua esperienza fondamentale, il filo traversato dalla corrente elettrica con una semplice calamita. A questo scopo, egli ravvolse un solo filo invece di due attorno ad un tubo di vetro o di legno; poi introdusse in quel tubo una calamita, e constatò, che in quel medesimo istante si sviluppa una corrente istantanea nel filo ad elica, e che se ne genera un'altra ugualmente istantanea, ma diretta in senso contrario, al momento in cui si ritira la calamita. Eccola dunque realizzata questa produzione di elettricità col magnetismo che Faraday cercava già da gran tempo, convinto com'era, che poichè l'elettricità produca il magnetismo, il magnetismo alla sua volta deve produrre l'elettricità.

È egli forse necessario di seguire Faraday nelle moltiplici esperienze, colle quali egli dimostra, che l'elettricità

sviluppata dall' induzione, possiede tutte le proprietà dell' elettricità voltaica, e dell' elettricità ordinaria delle macchine, che essa decompone l' acqua che essa scalda i fili sottili di metallo, che essa dà delle scosse, che produce anche una scintilla. Produrre una scintilla elettrica per mezzo dell' azione di una semplice calamita è questo un dei fatti sorprendenti, che danno alla scoperta, che conduce ad un simile risultamento una popolarità, se io oso d' esprimermi così, che risplende sul suo autore

Faraday non tardò a mostrare che il magnetismo terrestre può come quello d' una calamita svolgere delle correnti elettriche per induzione in un filo metallico rivolto ad elica, o in circolo, ed animato in un piano perpendicolare a quello del meridiano magnetico d' un movimento d' oscillazione. Egli trovò pure, che non era necessario d' impiegare dei fili metallici per constatare l' influenza del magnetismo terrestre sulla produzione delle correnti indotte, ma che bastava di mettere in rotazione, in un piano perpendicolare all' ago d' inclinazione, un disco metallico di rame per esempio, per trovarlo percorso da correnti elettriche che vanno dal centro alla circonferenza, o dalla circonferenza al centro, secondo il senso della rotazione. A più forte ragione la vicinanza d' una calamita genera, in un disco simile messo in rotazione in un piano qualunque sotto l' influenza di quella calamita delle correnti indotte, di cui la presenza constatata direttamente, spiega in una maniera perfettamente soddisfacente i fenomeni del magnetismo di rotazione scoperti da Arago.

Quelle correnti, benchè difficili a vedersi, devono però avere una potenza assai grande, poichè esse possono trascinare una calamita passabilmente pesante, per l' azione che esse esercitano sopra di lei. Egli è probabile, che quella potenza dipende meno dalla loro intensità individuale che dal loro numero, che sembra essere considerevole. Noi possiamo citare due esempi, che provano in una maniera meravigliosa tutta l' energia che può acquistare questo modo di produzione delle correnti indotte. Il primo è fornito da una esperienza curiosa di Faraday, nella quale facendo girare su se stesso una massa cubica di rame sospesa ad un filo fra i poli di un' elettrocalamita non magne-

tizzata, egli vide al momento in cui magnetizzò l'elettrocalamita, quella massa fermarsi subitamente per effetto dell'azion magnetica sulle correnti, che l'induzione avea determinate sul rame. Noi troviamo il secondo esempio nel fatto osservato dal Foucault del fermarsi subitaneo di un disco grosso di rame messo in rotazione fra i poli di un'elettrocalamita, nel momento che in essa circola una corrente. Quest'ostacolo è tale, che non può essere sormontato, che da una forza considerevole, e che il disco stesso si riscalda fortemente, se si continua a mantenere la rotazione malgrado la resistenza che s'incontra. Perchè esse possano produrre un tal riscaldamento in una massa così considerevole, e provare un'azione attrattiva così forte, per parte dell'elettrocalamita, bisogna bene, che le correnti indotte in questa maniera abbiano una grandissima potenza; potenza che esse devono essenzialmente all'eccessiva rapidità del movimento che le genera.

Io non seguirò Faraday in tutti i suoi lavori sull'induzione, che accompagnarono la sua scoperta fondamentale. Io mi limiterò a ricordare, che nel 1834 egli trovò un nuovo fatto importante, cioè la produzione d'una corrente indotta nel filo stesso, che conduce la corrente induttrice; produzione, che ha luogo da prima al momento in cui questa ultima corrente comincia a circolare, poi quindi al momento in cui cessa di passare. Se quel filo è ripiegato ad elica attorno ad un cilindro di ferro dolce, l'effetto prodotto acquista una grande intensità pel fatto della magnetizzazione e della smagnetizzazione alternativa del ferro, che accompagnano il passaggio e l'interruzione della corrente nel filo. Si sa tutto il vantaggio che si è tratto da questa combinazione per costruire degli apparecchi potentissimi. Si sa ugualmente come di perfezionamento in perfezionamento si è arrivato a trovare nell'induzione e per conseguenza nel semplice movimento meccanico che gli dà origine, il processo il più semplice e il più economico per ottenere dell'elettricità in vista soprattutto delle sue applicazioni alla terapeutica ed all'illuminazione.

La scoperta dell'induzione elettrodinamica cioè della produzione di una corrente per influenza di una corrente esteriore, condusse Faraday ad esaminare più da vicino, che non si fosse

fatto prima di lui, il fenomeno dell' induzione statica, cioè dello sviluppo a distanza dell' elettricità di tensione, in un conduttore isolato, per influenza d' un corpo elettrizzato. Egli riconobbe ciò, che alcuno mai avea notato; cioè, che la natura del corpo interposto, fra la sorgente d' elettricità e il conduttore sottoposto all'azione di quella sorgente avea una grande influenza sull' effetto prodotto, che fra i corpi, gli uni facilitavano lo sviluppo dell'elettricità a distanza, mentrechè altri la impedivano completamente. Egli chiamò i primi *dielettrici* e constatò, che i dielettrici, che sono essenzialmente le resine, lo zolfo, la gomma lacca, gli olii di trementina e di nafta ec. godono in grado differente di quella proprietà di trasmettere l' elettricità per influenza, mentrechè non vi è questo a riguardo alcuna differenza fra i gas, che hanno lo stesso potere dielettrico, qualunque sia la loro natura e densità. Al contrario i metalli non sono punto dielettrici; essi risentono l' influenza elettrica, ma non la trasmettono.

Faraday trasse dallo studio, che abbiamo ora citato compendiosamente la conclusione, che l' induzione non ha punto luogo a distanza, ma che essa si opera per mezzo della serie di particelle interposte fra il corpo induttore e il corpo indotto. Egli ammise, che quelle particelle sono polarizzate le une dietro le altre, ciò che Matteucci dimostrò direttamente più tardi coll' esperienza, che per conseguenza il modo di propagazione dell' elettricità, è lo stesso nei corpi isolanti, che nei conduttori, e che le diverse sostanze non differiscono fra loro in ciò, che per la facilità, e per la rapidità più o meno grande, colla quale si opera in esse quella polarizzazione necessaria alla trasmissione dell' elettricità. Poi passando di là, all'analisi dei differenti modi, secondo i quali hanno luogo le scariche elettriche, le une oscure, le altre luminose, le une elettrolitiche, cioè accompagnate dalla decomposizione chimica del corpo conduttore, le altre disruptive, cioè che s' operano per la disgiunzione meccanica delle particelle della sostanza interposta, egli si fermò più particolarmente allo studio delle forme diverse, che piglia la scintilla elettrica nei gas più o meno rarefatti. Io non finirei questa parte, se tentassi di esporne tutte le esperienze che egli fece per dilucidare questi differenti punti e per giun-

gere a formarsi un' idea della natura stessa della corrente elettrica. Identità della corrente qualunque sia la sua origine; sua produzione dovuta a forze polari, che possono esercitare un'azione trasversale, come è il caso nei fenomeni elettrodinamici; queste forze polari emananti da particelle contigue; tali sono i principi, che Faraday cercò di stabilire come conseguenze delle sue ricerche esperimentali nello stesso tempo, che egli respinse l'idea delle azioni a distanza, riunendo tutte le manifestazioni elettriche alla presenza della materia ponderabile.

Che si ammetta o no completamente tutte le idee di Faraday, egli è impossibile di non riconoscere i passi immensi, che egli ha fatto fare alle teorie dell'elettricità, sia dimostrando coll'esperienza la falsità di certi concetti ammessi generalmente fino a lui, sia aprendo dei punti di vista tutt'affatto nuovi sulla natura stessa dei fenomeni elettrici. Noi ne abbiamo avuto la prova poco fa, nelle conseguenze alle quali l' hanno condotto i suoi lavori sull'induzione statica. Le sue scoperte sull' induzione elettrodinamica ne hanno avuto delle più importanti ancora, introducendo la conoscenza del movimento meccanico nell' essenza del movimento elettrico, e permettendo così a Weber di riunire in una maniera tanto ingegnosa, che soddisfacente i fenomeni meccanici dell'elettrodinamica scoperti da Ampère coi fenomeni elettrici dovuti al movimento meccanico, scoperti da Faraday.

Ampère e Faraday, due nomi legati per sempre dalla conformità dei loro lavori, alla storia della scienza della elettricità, alla quale essi hanno aperto un tanto nuovo e vasto orizzonte. E frattanto spiriti così dissimili pel loro modo di procedere, che simili per la potenza del loro genio. Tutti due dotati eminentemente di quella facoltà di divinazione, che partorisce le grandi scoperte, ma l' uno, Faraday, vi arrivava per impressione, per una specie d' istinto, che non l' ingannava; l'altro, Ampère, che camminava di un passo più sicuro, perchè avea per istrumento il calcolo, che ei maneggiava con un' abilità rimarchevole, e giungeva così a dei risultamenti, che appena chiedeva all' esperienza di riconfermare, tanto egli era sicuro che essa non l' avrebbe tradito.

IV.

Io passo ora all' ultima gran serie dei lavori di Faraday. Io ho detto, e credo di aver provato, che l' induzione è stata la più importante delle sue scoperte, e adesso devo dire, che l' azione del magnetismo e dell' elettricità sulla luce è stata la più brillante. Si era spesso tentato di vedere, se il magnetismo e l' elettricità esercitavano alcun influenza diretta sulla luce; non si era giammai riusciti. Si operava su dei raggi luminosi, che caminavano nell' aria o nei liquidi, si cercava di agire sopra di loro, sia con delle forti calamite, sia con delle correnti elettriche, o colla elettricità statica, non si era giammai ottenuto nulla, assolutamente nulla. Tutte queste ricerche negative non sono mai state pubblicate ma esse però hanno esistito.

Guidato da delle considerazioni teoriche sulla correlazione mutua delle forze della natura, Faraday riuscì dopo molti tentativi infruttuosi a trovare il legame che esiste fra le forze magnetiche ed elettriche. Invece di prendere un raggio ordinario, egli opera con un raggio straordinario, invece d' agire direttamente su quel raggio per mezzo d' una calamita, egli lo sottopone all' influenza del magnetismo, mentrechè attraversa un prisma di vetro nel senso della sua lunghezza. Quel prisma terminato da due basi quadrate e parallele, di cui le faccie sono ben pulite, e che son quelle, dalle quali penetra ed esce il raggio polarizzato è egli stesso posto fra i poli di un elettrocalamita, in guisa, che la sua lunghezza, e per conseguenza la direzione del raggio trasmesso, siano parallele alla linea, che riunisce i poli magnetici. Finalmente il raggio polarizzato uscendo dal prisma di vetro non arriva all' occhio, che dopo di avere attraversato un prisma di Nicol, che serve di analizzatore. È pure attraversando un primo prisma di Nicol, prima di penetrare nel prisma di vetro, che il raggio di luce è polarizzato, egli può esserlo pure in qualsiasi altra maniera.

Si sa, che girando il prisma analizzatore di un certo angolo, si giunge ad estinguere il raggio polarizzato in modo, che la macchia brillante è rimpiazzata da una macchia nera. Se

dopo di avere effettuato quella operazione, si fa passare una forte corrente elettrica attraverso il filo, che circonda l' elettro-calamita, la macchia nera scompare e riappare la brillante. Allora girando ancora un poco nello stesso senso il prisma analizzatore, si estingue di nuovo il raggio luminoso, ma questa estinzione cessa, appena si sopprime l' azione magnetica interrompendo la corrente, che magnetizzava l' elettrocalamita. L'azione del magnetismo consiste adunque semplicemente a far girare d' un certo angolo il piano di polarizzazione, e a dare artificiálmente al vetro, mentre che è sotto l' influenza magnetica una proprietà, che certe sostanze, come il quarzo e l'essenza di trementina possedono naturalmente.

Le sostanze trasparenti possono tutte, eccetto i gas, ma a gradi differenti, servire di medium al magnetismo per agire sul raggio polarizzato. Ma quella per mezzo della quale quell'influenza si manifesta meglio, è il vetro pesante d' un colore giallastro (boro-silicato di piombo) che Faraday avea ottenuto nelle sue ricerche esperimentali sulla fabbricazione del vetro per l'ottica. Egli si trovava avere fra le mani molti saggi di quel vetro e fu, utilizzando uno di quei saggi, per fare l' esperienza che noi abbiamo descritta, che egli scoprì la rotazione magnetica del piano di polarizzazione: fenomeno che probabilmente gli sarebbe sfuggito, se da principio si fosse servito di vetro ordinario. Così i lunghi e penosi lavori, ai quali egli s' era un tempo dedicato senza gran successo per trovare un vetro adatto alla fabbricazione dei cannocchiali, non furono perduti per la scienza, poichè gli facilitarono i mezzi di arricchirla di una delle sue più belle scoperte.

Studiamo ora un poco più da vicino il nuovo fenomeno, all'oggetto di farne meglio conoscere l' importanza. Alcune sostanze, noi abbiam detto, possedono naturalmente la proprietà di far girare d' un angolo più o meno grande il piano di polarizzazione d' un raggio polarizzato che lo attraversa; le une lo fanno girare a dritta dell' osservatore, le altre alla sua sinistra. La scoperta di Faraday consiste in ciò, che l' influenza del magnetismo, o quella delle correnti elettriche, sviluppa presso tutte le sostanze trasparenti quella stessa proprietà, con questa differenza, che il senso della rotazione del piano di polarizzazione

non dipende, che dalla posizione dei poli magnetici, o dal senso delle correnti per rapporto alla sostanza trasparente. La legge consiste in ciò, che se il polo nord dell' elettrocalamita è posto dalla parte dell' osservatore, che riceve il raggio luminoso nel suo occhio, e per conseguenza il polo sud dalla parte dalla quale il raggio polarizzato entra nella sostanza, la rotazione del piano di polarizzazione ha luogo per l' osservatore da sinistra a destra; essa ha luogo da destra a sinistra, se s' inverte la direzione della corrente e per conseguenza il senso della magnetizzazione. Si può sostituire l' azione della calamita, con quella di un' elica, nell' asse della quale, si pone la sostanza trasparente; si osserva benissimo ancora in questo caso, la rotazione del piano di polarizzazione, appena che si trasmette attraverso il filo dell' elica una corrente un poco forte, e il senso della rotazione è sempre lo stesso che quello della corrente.

Così, mentrechè nelle sostanze dotate naturalmente della polarizzazione circolare, la rotazione del piano di polarizzazione ha sempre luogo, secondo la natura della sostanza o a dritta, o a sinistra dell' osservatore, nell' esperienza di Faraday il senso di quella rotazione non dipende che dalla direzione delle correnti elettriche, o dalla posizione relativa dei poli magnetici, poichè essa è completamente indipendente dalla posizione dell' osservatore. Questi due generi d' azioni non sono adunque identici, e non si può dire, che si determini per l' influenza della calamita o dell' elettricità presso tutti i corpi trasparenti la stessa proprietà esattamente che possedono naturalmente certe sostanze. Faraday fa ben notare questa differenza con un' esperienza che consiste a far riflettere internamente per mezzo d' un artificio ingegnoso sulle superfici estreme del prisma il raggio polarizzato, una o più volte prima di lasciarlo uscire, il che raddoppia, triplica, quadruplica, secondo che il raggio è riflesso una, due, tre volte, l' angolo di rotazione del piano di polarizzazione: ma allorchè invece della polarizzazione rotatoria magnetica, si tratta della polarizzazione rotatoria naturale, il risultamento è tutto differente, il ritorno del raggio riflesso neutralizzando l' effetto, che avea provato il raggio diretto camminando in una direzione inversa: in questo caso, l' angolo di rotazione del piano di polarizzazione di un raggio riflesso due volte, e che per con-

seguenza ha attraversato tre volte la sostanza trasparente, non è più grande di quella di un raggio, che non l'ha attraversato che una volta.

Il fenomeno generale e sì inaspettato scoperto da Faraday, è finquì restato privo di spiegazione, malgrado moltissime ricerche, e malgrado sopratutto i lavori così perseveranti e rimarchevoli di Verdet.

Non è stato pur possibile di riunirli ad alcuna altra proprietà dei corpi, benchè ogni sostanza abbia il suo potere magnetico rotatorio specifico. Faraday frattanto ne ha tratto una conseguenza generale, che l'ha condotto ad un'altra scoperta: questa conseguenza è, che il magnetismo agisce sopra tutti i corpi, poichè tutti i corpi trasparenti possono modificarsi assai sotto la sua influenza, per acquistare a gradi diversi egli è vero, un potere, che essi non possedono da se stessi. La scoperta alla quale io ho accennato, è che come la calamita agisce per attrazione sui corpi magnetici, ugualmente agisce per ripulsione sopra tutti gli altri corpi della natura. Ne risulta, che mentrechè un' asta di ferro, o d' un' altra sostanza magnetica, si pone, quando essa è sospesa fra i poli di un' elettrocalamita *assialmente*, cioè parallelamente alla linea, che congiunge i poli, un prisma di vetro pesante, lo stesso per esempio, che ha servito alle esperienze sulla luce, si pone *equatorialmente*, cioè trasversalmente a quella stessa linea. Una verga di bismuto è nello stesso caso, e questo metallo è col vetro pesante la sostanza sulla quale, quell'azione ripulsiva della magnete è più pronunciata: ma tutti i corpi della natura che non sono magnetici, (e questi sono di molto più numerosi), presentano la stessa proprietà, solamente a dei gradi differenti. Così Faraday giunse a classificare tutti i corpi sotto due sezioni: quelli, che sono magnetici, o *paramagnetici*, come egli li chiama, come il ferro, il nikel ec., e quelli che sono *diamagnetici*, come il bismuto, l'antimonio, il vetro pesante ec. Il carattere dei primi è d'essere attirati dalla calamita, quello dei secondi, è d'essere respinti. È vero, che quella ripulsione per esser sensibile esige una potenza magnetica enorme, anche allorquando si tratta di corpi di cui il diamagnetismo è il più pronunciato mentrechè una magnete debolissima è sufficiente per mostrare la sua azione sui corpi magnetici, come il ferro, l'acciaio, il nikel, ec.

Occorrevano adunque dei mezzi molto energici, come Faraday li avea usati, per scoprire il diamagnetismo. Frattanto un amatore distinto delle scienze, Lebaillif di Parigi avea già nel 1828 mostrato, che un pezzo di bismuto, ed uno di antimonio, respingono in un modò evidente un ago magnetizzato, sospeso delicatamente, quando si avvicinano all' uno o all' altro polo dell' ago calamitato, per quanto più vicino si può, senza però toccarlo. Faraday ignorava questa circostanza quando pubblicò il suo primo lavoro sul diamagnetismo; io lo avvisai immediatamente, indicandogli il giornale dove io avea pubblicata l' esperienza di Lebaillif, di cui era stato testimonio, io stesso pel tempo. Egli raccolse il mio reclamo nel modo il più gentile, e non tardò a riconoscere colla sua lealtà ordinaria la priorità di Lebaillif, pel caso del bismuto e dell' antimonio.

Nelle ricerche numerose, che Faraday consacrò (dal 1845 al 1855) al diamagnetismo e nello stesso tempo al magnetismo, vi sono alcuni punti importanti, che io devo segnalare. Egli scoprì l' influenza rimarchevole, che esercita su quel genere di proprietà la costituzione molecolare dei corpi, ed in particolare la cristallizzazione. Egli mostrò per esempio, che una lama cristallizzata di bismuto o d' antimonio può collocarsi, fra i poli d' un elettrocalamita assialmente come un corpo magnetico così facilmente, che in un piano equatoriale, e che quella delle due posizioni che prende, dipende dalla maniera in cui è sospesa, per rapporto al piano del suo clivaggio. Egli cercò di studiare la forza impiegata in quest' ordine di fatti, che egli chiama forza magnocristallina, mentrechè Plucker per conto suo, ne allargava il suo campo, colle sue belle e numerose ricerche sulla maniera, nella quale i cristalli si dirigono fra i poli d' un elettromagnete e che Tyndall, il degno successore di Faraday all' Istituto Reale analizzava colle sue ingegnose esperienze il fenomeno nella sua generalità e riesciva a congiungerlo in una maniera perfettamente soddisfacente alle leggi, che governano il magnetismo, e il diamagnetismo. Più tardi Tyndall, giunse ancora a dimostrare con una esperienza decisiva, che il diamagnetismo è dovuto come il magnetismo ad una polarità, che determina l' influenza della calamita nei corpi diamagnetici, con questa differenza soltanto, che invece di poli contrari, sono poli

omonimi che vengono sviluppati dai poli della calamita. Così cadevano tutte le altre spiegazioni più o meno arrischiate che si erano date al diamagnetismo.

Un altro punto, che merita di fissare l'attenzione, è lo studio, che fece ancora Faraday del magnetismo e del diamagnetismo dei gas. Egli arrivò a questo risultamento curioso, osservato pure nello stesso tempo da Edmondo Becquerel, che solo di tutti i gas l'ossigeno è magnetico, e che egli lo è ancora in una maniera pronunciatissima, mentrechè tutti gli altri gas, sono diamagnetici. Considerando il posto considerevole, che l'ossigeno occupa nella composizione della nostra atmosfera, si tentò di spiegare colle proprietà magnetiche di questo gas combinato colle variazioni di temperatura i fenomeni delle variazioni diurne dell'ago magnetizzato, seguendola su tutte le parti della superficie del globo. Ci è impossibile di non dolerci un poco del tempo considerevole che egli consacrò in quello studio, tanto più, che ci pare ben probabile, che non sia nell'azione dell'atmosfera, ma piuttosto in quella della terra stessa, e fors'anco in quella del sole, che bisogna cercare la causa di tutti i fenomeni, che presenta l'ago calamitato.

Infine un terzo punto che ci resta a illustrare, è tutto ciò, che concerne lo studio del campo magnetico, e di ciò, Faraday chiama le linee di forza magnetica. Secondo lui, non esiste, come abbiamo avuto occasione di farlo osservare, azione a distanza; per conseguenza il campo magnetico, cioè l'intervallo compreso fra due poli magnetici ravvicinati, come quelli di un elettrocalamita a ferro di cavallo, è un mezzo donde emanano da ciascuno de' suoi punti delle forze, di cui la distribuzione e la direzione sono indicate dalla disposizione così regolare, che presenta la limatura di ferro collocata in quell'intervallo. Le linee, che egli chiama linee di forza magnetica divengono in qualche modo visibili ed anche tangibili. Esse esistono pure anche quando non si vedono, e sono gli spostamenti o le modificazioni che esse provano per la presenza d'un corpo ponderabile nel mezzo, nel quale esse si trovano, che producono tutti gli effetti cosi rimarchevoli, di cui il campo magnetico è il luogo. Tale è in brevi parole, l'opinione di Faraday, su quella quistione particolare

Noi passiamo sotto silenzio una moltitudine di dettagli interessanti tanto sulla polarità diamagnetica, quanto sulla distinzióne da stabilire fra i corpi magnetici e i diamagnetici quanto sulla relazione passibile fra il peso e l'elettricità! Faraday nel 1850 ritornò ancora su questa quistione, che egli avea di già intrapresa precedentemente, ma senza successo, si vede che è a malincuore, che si sente obbligato di rinunciare a scuoprire questa relazione, che per due volte egli ha cercato; ma colla sua buona fede ordinaria, egli riconosce, che quantunque sia convinto, che essa esiste, non ha potuto trovare alcun fatto, che la stabilisca. Se l'esperienza che egli sa così bene consultare gli ha costantemente risposto negativamente, non dipenderebbe forse da che, il suo punto di vista fosse giusto, e il suo errore non verrebbe forse da ciò, che egli si faceva sulla trasformazione delle forze delle idee troppo vaghe, non tenendo conto abbastanza, che è il lavoro operato dalla forza e non la forza stessa che bisogna considerare in questo genere di quistioni?

V.

Noi abbiamo passato in rassegna i lavori principali di Faraday: ora non ci resta altro per completare questo cenno che di cercare di farci un'idea del carattere speciale di questi lavori e dell'influenza, che essi hanno esercitato sul progresso della scienza.

Il primo carattere che ci coglie è il loro numero. La quantità di memorie, che Faraday ha pubblicato dal 1820 al 1855 è incredibile. E che sarebbe questa, se di fianco alle esperienze moltiplici, che egli ha fatto conoscere, si ponessero al confronto quelle, che egli non ha mai dato alla luce. Egli è vero, che se le ha lasciate sepolte nel suo diario fu perchè gli aveano dato risultamenti negativi; ma quante prove infruttuose, e falsi tentativi egli avrebbe risparmiato agli scienziati, se non fosse stato così discreto.

Un secondo carattere, è l'esattezza nei rislutamenti ottenuti: io non credo che Faraday sia stato colto in errore una sola volta, tanto la sua maniera di esperimentare e d'osservare era esatta e coscienziosa. Bisogna dire che in lui la mano se-

condava meravigliosamente l'intelligenza; egli possedeva una destrezza singolare, ed avea un talento pratico raro e prezioso presso gli uomini di scienza per costruire e modificare al bisogno egli stesso i suoi apparecchi; allo scopo di raggiungere più sicuramente il risultamento cercato.

Un terzo carattere d'un ordine ben differente e d'un valore assai più grande, è l'originalità medesima dei lavori di Faraday. Discepolo del Davy, lasciando ovunque intravedere le tracce della scuola donde era uscito, soprattutto nella scelta dei soggetti, che egli tratta, egli non segue ciecamente, nè il metodo nè gli errori del maestro, e non tarda, uscendo dalle traccie seguite, a tracciarsi una via tutta propria. Mi si dimanderà forse, quale è questa via? Non è facile il dirlo, ma pure mi proverò.

La fisica sul principio di questo secolo, avea presa a cagione dei lavori importanti di cui essa era stata l'oggetto, un carattere di precisione e di nettezza, che sembrava farne quasi una scienza matematica. Il bel trattato di fisica sperimentale e matematica, in quattro volumi pubblicata da Biot nel 1816, dà l'idea la più esatta e la più completa del punto a cui era arrivata questa scienza. Alla confusione, che regnava ancora nel secolo decimottavo, fra le diverse parti della scienza, all'ignoranza, nella quale si era ancora immersi, in un gran numero di queste parti, succedeva un'analisi chiara sostanziale di tutti i fenomeni ricondotti a delle leggi semplici e rigorose. Il calore, la luce, l'elettricità, il magnetismo, vi erano considerati come tanti agenti distinti, aventi le loro proprietà speciali, soggetti alle loro proprie leggi. Il calcolo si prestava assai bene a questo genere di concetti chiari e precisi; così se ne faceva uso grandemente; testimonio il titolo stesso del trattato di Biot.

La grande scoperta di Oersted nel 1820 sui rapporti fra l'elettricità e il magnetismo, cominciò a diminuire la confidenza, che si avea in quel modo di considerare i fenomeni, confidenza già ben scossa dai lavori di Fresnel e di Arago sulla luce. Una volta aperta la breccia non si tardò ad entrare nella lizza, e fra gli assalitori i più intrepidi, Faraday si distingue in prima linea. Col suo lavoro sulla condensazione dei gas, mostra che non vi è nulla di assoluto nelle leggi di Mariotte e di Gay-Lussac, e nella distinzione

così generalmente ammessa fra i vapori ed i gas permanenti. Colle sue ricerche sull'elettricità voltaica, egli stabilisce fra l'affinità chimica e la produzione dell'elettricità, una relazione tanto intima da parere, che l'una non sia che una forma dell'altra. Colla sua scoperta dell'induzione egli fa entrare il movimento meccanico come un elemento principale nella produzione dei fenomeni elettrici. Colla sua esperienza sulla influenza della calamita e dell'elettricità sulla luce polarizzata, e con quelle, che ne sono state la conseguenza, egli apre alla scienza una nuova via, che alcuno mai avea sospettata. Egli giunge così a creare fra gli agenti della natura che noi chiamiamo luce, calore, elettricità, magnetismo, affinità chimica, attrazione molecolare, dei rapporti così intimi, una connessione tale, che è impossibile di non credere che un giorno si giungerà a dimostrare, che essi non sono, che le differenti forme di un agente unico. Senza dubbio non è stato il solo a camminare in questa via. Molti altri hanno contribuito a quest'opera di demolizione e di ricostruzione; ma egli è stato uno dei primi, uno de'più attivi, uno dei più perseveranti. Per tal modo i suoi lavori, io non ne dubito punto, saranno sempre considerati le pietre angolari del nuovo edificio, che ora si tenta di costruire.

Io ho detto espressamente *che si cerca di costruire*, perchè guardiamoci ben dal credere, che egli sia già costruito. Dopo le belle scoperte dell'equivalente meccanico del calore, sembra, che tutto sia detto, che tutto si spieghi facilmente per mezzo solamente d'una materia ponderabile, d'un etere imponderabile, e d'un impulso meccanico. I volgarizzatori della scienza più bramosi di fare effetto, che di restare fedeli alla verità scientifica, proclamano un sistema di mondo molecolare destinato a far simmetria alla meccanica celeste di Laplace. Secondo loro, nulla vi è di più semplice, nulla di più chiaro, l'attrazione stesssa, che è stata l'oggetto dello studio di tante elevatissime menti, non sono che l'effetto di un impulso facile a comprendersi. Pericolosa illusione, che se giungesse a propagarsi, sarebbe tanto funesta ai veri progressi della scienza, quanto contraria alla sua utile diffusione, imperocchè è sopratutto a quelli, che s'attribuiscono il bel mandato di volgarizzare la scienza, che incombe imperiosamente il dovere di non seminare che idee giuste e fondate.

Non esageriamo adunque nulla, e non rifiutiamo alle idee

troppo assolute che noi abbiamo combattuto, quella parte di verità, che esse possono contenere. A questo scopo, proviamoci, terminando di stabilire in brevi termini, il punto in cui si trova secondo noi, nello stato attuale della scienza la quistione importante dell'unità delle forze.

Dopo di avere per lungo tempo arrestato i progressi della scienza con delle considerazioni astratte e generali sui fenomeni della natura, i filosofi avean finito per adottare con Galileo il metodo esperimentale, come il solo, che possa condurre alla scoperta della verità. Un'analisi saggia e rigorosa messa a disposizione di questo metodo avea dato dei risultamenti certi e fondamentali. Ritornando ad una fase di sintesi, molti ingegni robusti cercano ora di ricostruire per mezzo di quei materiali lungamente e penosamente ammonticchiati, l'edificio che in altri tempi si era tentato di elevare. Senza dubbio la scienza è entrata in tal modo in una via feconda, ma è alla condizione di camminarvi a passi sicuri, e per conseguenza a passi lenti. Si parla dell'unità delle forze; della trasformazione delle forze le une nelle altre; ma si sa ancor bene, che cosa siano le forze, conosce qualcuno la loro natura? Si sono constatate è vero delle trasformazioni di movimento, si è mostrato, che un lavoro si può cangiare in un altro, il movimento meccanico in calore, il calore in movimento meccanico; questi sono indubitatamente fatti interessantissimi regalati alla scienza, e che permettono d'intravedere l'esistenza d'una causa unica, che si manifesta sotto forme diverse. Ma siamo lungi ancora dalla scoperta di questa causa, di questa forza unica. Vi si arriverà forse un giorno, è possibile, è probabile; in questo caso allora, il nome e i lavori di Faraday resteranno sempre associati alla soluzione di uno dei più grandi problemi, che possa proporsi lo spirito umano.

Ginevra 15 Ottobre 1867.

SOPRA LA DETERMINAZIONE DELLE TEMPERATURE VARIABILI DI UNA LASTRA TERMINATA, QUANDO LA CONDUCIBILITÀ NON È LA STESSA IN TUTTE LE DIREZIONI; MEMORIA DI ENRICO BETTI.

1.

Sia data una lastra di grossezza trascurabile rispetto all' altre dimensioni, e che abbia la superficie piana, terminata e connessa. Il contorno sia composto di una o di più linee chiuse, e quindi l' ordine della sua connessione possa essere anche moltiplice.

Denotiamo con v le temperature dei punti della lastra in un tempo t. Siano date comunque le temperature dei vari punti della lastra quando $t = 0$, e indichiamole con v_0; e siano date anche in modo affatto arbitrario le temperature dei punti delle linee $c_1, c_2, \dots c_s$ che formano il contorno, in tutto il tempo trascorso da $t = 0$ a un tempo qualunque t'. Queste temperature le dinoteremo rispettivamente con $V_1, V_2, \dots V_s$ e saranno in generale variabili da punto a punto del contorno e col tempo. Le funzioni $V_1, V_2, \dots V_s$ potranno essere anche discontinue in alcuni punti separati, e v_0 lungo linee separate, ma sì le une che le altre non potranno essere mai infinite.

Per determinare v avremo le seguenti condizioni:

1.° La funzione v sarà finita e continua insieme colle sue derivate prime rapporto alle coordinate, in tutta la superfi-

cie della lastra e in tutto il tempo, e sodisfarà tra questi limiti alla equazione a derivate parziali:

$$(1) \qquad \frac{dv}{dt} + hv - k_1 \frac{d^2 v}{dx^2} - k_2 \frac{d^2 v}{dy^2} = 0,$$

dove:

$$h = \frac{2H}{c\rho\sigma}, \qquad k_1 = \frac{K_1}{c\rho}, \qquad k_2 = \frac{K_2}{c\rho},$$

essendo H la conducibilità esterna, K_1 e K_2 le conducibilità interne nella direzione degli assi principali di conducibilità (1), ai quali abbiamo supposti paralleli gli assi delle coordinate, c il calorico specifico, ρ la densità del corpo, e σ la grossezza della lastra.

2.° Quando è $t = 0$, sarà:

$$v = v_0,$$

essendo v_0 una funzione dei punti della superficie della lastra affatto arbitraria.

3.° Sopra le linee $c_1, c_2, c_3, \ldots, c_s$ sarà:

$$v = V_1, \quad v = V_2, \ldots v = V_s,$$

rispettivamente, e le funzioni V saranno funzioni dei punti delle linee c e del tempo, affatto arbitrarie.

Queste condizioni determinano compiutamente il valore di v in un punto qualunque (x', y') della superficie della lastra, dopo un tempo t' qualunque.

2.

Sia u una funzione dei punti della superficie della lastra e del tempo, finita e continua insieme colle sue derivate prime rapporto alle coordinate, in tutta questa superficie e in tutto

(1) V. una Memoria di *Duhamel* nel *Journal de l'École Polytecnique*. Cahier XXI.

il tempo da $t = 0$ a $t = t' - \varepsilon$, essendo ε una quantità piccola quanto si vuole. Moltiplichiamo per $u dt\, dx\, dy$ il primo membro della equazione (1), ed integriamo estendendo l' integrale triplo a tutto il tempo da 0 a $t' - \varepsilon$, e a tutta la superficie della lastra. Avremo :

$$\iiint u \left(\frac{dv}{dt} + hv - k_1 \frac{d^2v}{dx^2} - k_2 \frac{d^2v}{dy^2}\right) dt\, dx\, dy = 0.$$

Integrando per parti e applicando un teorema noto, si ottiene :

$$(2)\left\{\begin{aligned} &\iint (uv)_{t'-\varepsilon}\, dx\, dy - \iint (uv)_0\, dx\, dy \\ &-\int_0^{t'-\varepsilon} dt\, \Sigma_m \int_{c_m} \left[u\left(k_1 \frac{dv}{dx}\frac{dy}{ds_m} - k_2 \frac{dv}{dy}\frac{dx}{ds_m}\right) - V_m\left(k_1 \frac{du}{dx}\frac{dy}{ds_m} - k_2 \frac{du}{dy}\frac{dx}{ds_m}\right)\right] ds_m \\ &-\iiint v \left(\frac{du}{dt} - hu + k_1 \frac{d^2u}{dx^2} + k_2 \frac{d^2u}{dy^2}\right) dt\, dx\, dy = 0, \end{aligned}\right.$$

dove i primi integrali doppi sono estesi a tutta la superficie della lastra, ed s_m denota l' arco della linea c_m contato da un suo punto fisso preso comunque, e movendosi in modo che l' interno della superficie resti a sinistra. L' integrale triplo è esteso a tutta la superficie della lastra e a tutto il tempo da 0 a $t' - \varepsilon$.

Per ottenere il valore di v nel punto (x', y') nel tempo t', bisognerà che passando al limite per $\varepsilon = 0$, dalla equazione (2) spariscano tutti i valori di v fuori che questo, e i valori dati, cioè quelli che corrispondono a $t = 0$, e quelli che si hanno in tutto il tempo sopra i punti del contorno. Si tratta dunque di determinare il moltiplicatore u in modo da produrre questo effetto. Dovrà quindi u essere tale da render nullo l' integrale triplo, da render nullo l' integrale doppio che contiene $\frac{dv}{dx}$, $\frac{dv}{dy}$, e da fare sparire dal primo integrale doppio tutti i valori di v corrispondenti a $t = t'$, fuori che quello corrispondente al punto (x', y'). Dovrà dunque la funzione u sodisfare alle seguenti condizioni :

1.° Dovrà essere finita e continua insieme colle sue derivate prime, in tutta la superficie della lastra, e da $t=0$ a $t=t'-\varepsilon$, essendo ε piccolo quanto si vuole, e tra questi limiti dovrà sodisfare alla equazione:

$$\frac{du}{dt}-hu+k_1\frac{d^2u}{dx^2}+k_2\frac{d^2u}{dy^2}=0\,. \tag{3}$$

2.° Dovrà essere:

$$u=0$$

in tutti i punti del contorno e in tutto il tempo da zero a $t'-\varepsilon$.

3.° Dovrà convergere indefinitamente a zero in tutti i punti della lastra fuori che nel punto (x', y'), quando ε converge a zero, e deve convergere all' infinito coll' avvicinarsi al punto (x', y') e col convergere di ε a zero.

Quando la u sodisfarà a queste tre condizioni, la equazione (2) passando al limite per $\varepsilon=0$, darà:

$$v'=\frac{\iint(uv)_0dx\,dy+\int_0^{t'}dt\,\Sigma\int_{\sigma_m}V_m\left(k_1\frac{du}{dx}\frac{dy}{ds_m}-k_2\frac{du}{dy}\frac{dx}{ds_m}\right)ds_m}{\lim\limits_{\varepsilon=0}\int_O u_{t'-\varepsilon}\,d\omega} \tag{4}$$

essendo O l' area di una curva chiusa qualunque descritta intorno al punto (x', y') e $d\omega$ il suo elemento.

3.

La prima e la terza condizione poste per la funzione u sono sodisfatte prendendo una serie convergente in tutta la superficie della lastra e in tutto il tempo da zero a $t'-\varepsilon$, della forma:

$$u=\frac{\Sigma A_n e^{-\frac{(x-\xi_n)^2}{4k_1(t'-t)}-\frac{(y-\eta_n)^2}{4k_2(t'-t)}+ht}}{t'-t}, \tag{5}$$

dove (ξ_n, η_n) sono coordinate di punti esterni alla lastra, tutti, fuori che uno solo, il quale deve essere il punto (x', y').

Infatti, ciascun termine della serie (5) sodisfà alla equazione (3), e quando t converge a t' tutti i termini convergono a zero, fuori che quello in cui $\xi = x'$, e $\eta = y'$, il quale converge a zero in tutti i punti a distanza finita dal punto (x', y'), e converge all'infinito, nei punti infinitamente vicini a (x', y').

Pertanto, quando saranno determinati i punti (ξ_n, η_n) esterni alla superficie della lastra, e i coefficienti A_n in modo che sia sodisfatta la seconda condizione posta per la u, la formula (5) darà la funzione cercata.

Prendendo il coefficiente A del termine in cui $\xi = x', \eta = y'$, uguale all'unità, avremo:

$$\lim_{\varepsilon = 0} \int_0 u_{t'-t} d\omega = e^{ht'} \lim_{\varepsilon = 0} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{x-\xi}{2\sqrt{k_1 \varepsilon}}\right)^2} dx}{\sqrt{\varepsilon}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{e^{-\left(\frac{y-\eta}{2\sqrt{k_2 \varepsilon}}\right)^2} dy}{\sqrt{\varepsilon}}$$

$$= 4\pi e^{ht'} \sqrt{k_1 k_2} \; ;$$

dove per l'area O abbiamo preso tutto il piano, e abbiamo trascurato tutti gli altri termini di u, perchè al limite sono tutti nulli. Sostituendo questo valore nella formula (4), abbiamo per il valore di v nel punto (x', y') nel tempo t':

$$v' = \frac{e^{-ht'}}{4\pi\sqrt{k_1 k_2}} \iint (uv)_0 \, dx \, dy$$

$$(6) \qquad + \frac{e^{-ht'}}{4\pi} \int_0^{t'} dt \, \Sigma \int_{c_m} V_m \left(\sqrt{\frac{k_1}{k_2}} \frac{du}{dy} \frac{dx}{ds_m} - \sqrt{\frac{k_2}{k_1}} \frac{du}{dy} \frac{dx}{ds_m} \right) ds_m$$

4.

Determiniamo ora A_n, ξ_n, η_n nella serie (5), in modo che sia $u = 0$ sopra il contorno, e che la serie stessa si conservi convergente in tutta la superficie della lastra e in tutto il tem-

po. La difficoltà di questo problema dipende unicamente dalla forma del contorno. Diamone la soluzione nel caso che la superficie della lastra sia un rettangolo, e che i suoi lati siano paralleli agli assi principali di conducibilità.

Siano $2a$, $2b$ le lunghezze dei due lati del rettangolo. Poniamo l'origine delle coordinate nel punto d'intersezione delle due diagonali, e prendiamo per asse delle x una retta parallela al lato di lunghezza $2a$, e per asse delle y una retta parallela al lato di lunghezza $2b$. Tiriamo per il punto (x', y') una retta parallela all'asse delle y, e prolunghiamola indefinitamente da ambedue le parti. Siano m il punto (x', y'): p il punto in cui questa retta incontra il lato del rettangolo che rimane dalla parte positiva dell'asse delle x; e q il punto dove incontra il lato del rettangolo che rimane dalla parte negativa dello stesso asse. Prendiamo ora nella parte di questa retta, che rimane fuori del rettangolo dalla parte positiva, i punti:

$$m_1,\ m_2,\ m_3,\ \ldots,\ m'_n,\ \ldots$$

e fuori del rettangolo dalla parte negativa, i punti:

$$m'_1,\ m'_2,\ m'_3,\ \ldots,\ m_n,\ \ldots$$

in modo che sia:

$$\begin{array}{lcl} pm_1 = pm & ; & qm'_1 = qm \\ pm_2 = pm'_1 & ; & qm'_2 = qm_1 \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot & & \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot & & \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ pm_n = pm'_{n-1} & ; & qm'_n = qm_{n-1}\,. \end{array}$$

Denotando con η_n la ordinata di m_n e con η'_n la ordinata di m'_n, avremo:

$$\eta_n + \eta'_{n-1} = 2b, \qquad \eta'_n + \eta_{n-1} = -2b;$$

onde

$$(7)\begin{cases} \eta_{2n} = 4nb + y' & ; \quad \eta'_{2n} = -4nb + y' \\ \eta_{2n+1} = 2(2n+1)\,b - y' & ; \quad \eta'_{2n+1} = -2(2n+1)b - y'. \end{cases}$$

Tiriamo ora per il punto m una retta parallela all'asse delle x, e sopra di essa prendiamo analogamente i punti esterni al rettangolo dalle due parti che abbiano le ascisse ξ_n, ξ'_n date dalle equazioni seguenti:

$$(8)\begin{cases} \xi_{2n} = 4na + x' & ; \quad \xi'_{2n} = -4na + x' \quad ; \\ \xi_{2n+1} = 2(2n+1)a - x' & ; \quad \xi'_{2n+1} = -2(2n+1)a - x'. \end{cases}$$

Tiriamo ora per ciascuno di questi punti una parallela all'asse delle y, e per ciascuno dei punti m_n, m'_n una parallela all'asse delle x. Questi due sistemi di rette parallele colle loro intersezioni determineranno un sistema di punti doppiamente infinito, i quali saranno tutti esterni alla superficie del rettangolo, e le loro coordinate corrisponderanno ai quattro tipi seguenti:

$$(\xi_n, \eta_m), \quad (\xi_n, \eta'_m), \quad (\xi'_n, \eta_m), \quad (\xi'_n, \eta'_m).$$

Poniamo:

$$\tau_1 = 4\,k_1\,(t'-t), \qquad \tau_2 = 4\,k_2\,(t'-t),$$

e prendiamo le serie convergenti:

$$\Omega\,(x,x'a) = e^{-\frac{(x-x')^2}{\tau_1}} + \sum_1^\infty (-1)^n \left(e^{-\frac{(x-\xi_n)^2}{\tau_1}} + e^{-\frac{(x-\xi'_n)^2}{\tau_1}} \right),$$

$$\Omega\,(y,y'b) = e^{-\frac{(y-y')^2}{\tau_2}} + \sum_1^\infty (-1)^n \left(e^{-\frac{(y-\eta_n)^2}{\tau_2}} + e^{-\frac{(y-\eta'_n)^2}{\tau_2}} \right).$$

Avremo, come è facile a verificarsi:

$$\Omega\,(a, x', a) = 0 \quad , \quad \Omega\,(-a, x', a) = 0\,,$$

$$\Omega\,(b, y', b) = 0 \quad , \quad \Omega\,(-b, y', b) = 0\,.$$

Quindi la funzione:

$$u = \frac{e^{ht}}{t'-t}\,\Omega\,(x, x', a)\,\Omega\,(y, y', b)\,, \tag{9}$$

la quale è della forma (5), sodisfarà anche alla seconda condizione posta per la u, cioè si annullerà, qualunque sia t, sópra tutto il contorno della lastra rettangolare.

5.

Determiniamo la funzione $\Omega\,(x, x', a)$; e perciò sostituiamo in essa a ξ_n e ξ'_n i loro valori dati dalle formule (8). Avremo:

$$\Omega\,(x, x', a) = e^{-\frac{(x-x')^2}{\tau_1}} \sum_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{4^2 n^2 a^2}{\tau_1} + 2.4\,na\,\frac{(x-x')}{\tau_1}}$$

$$- e^{-\frac{(x+x')^2}{\tau_1}} \sum_{-\infty}^{\infty} e^{-4^2\,\frac{(2n+1)^2}{4}\,\frac{a^2}{\tau_1} + 4(2n+1)a\,\frac{(x+x')}{\tau_1}}.$$

Le due serie sono funzioni *Jacobiane*. Infatti essendo:

$$\Theta_{0,0}\,(z, \omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} e^{\pi i\left(4n^2\,\frac{\omega}{4} + 2\,nz\right)}$$

$$\Theta_{1,0}\,(z, \omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} e^{\pi i\left((2n+1)^2\,\frac{\omega}{4} + (2n+1)z\right)},$$

se poniamo:

$$\omega = \frac{4^2 a^2 i}{\pi \tau_1}, \tag{10}$$

avremo:

$$\Omega(x, x', a) = e^{-\frac{(x-x')^2}{\tau_1}} \Theta_{0,0}\left(\frac{4ai(x-x')}{\pi\tau_1}, \frac{4^2a^2i}{\pi\tau_1}\right)$$
$$- e^{-\frac{(x-x')^2}{\tau_1}} \Theta_{1,0}\left(\frac{4ai(x+x')}{\pi\tau_1}, \frac{4^2a^2i}{\pi\tau_1}\right). \tag{11}$$

Ora prendiamo le formule seguenti, che sono casi particolari di una formula dimostrata dal sig. *Hermite* nel vol. III. della serie 2. del Giornale di *Liouville*:

$$e^{\pi i\omega z^2} \Theta_{0,0}(\omega z, \omega) = \frac{1}{\sqrt{-i\omega}} \Theta_{0,0}\left(z, -\frac{1}{\omega}\right),$$

$$e^{\pi i\omega z'^2} \Theta_{1,0}(\omega z', \omega) = \frac{1}{\sqrt{-i\omega}} \Theta_{0,1}\left(z', -\frac{1}{\omega}\right),$$

dove:

$$\Theta_{0,1}(z, \omega) = \sum_{-\infty}^{\infty} (-1)^n e^{\pi i\left(4n^2\frac{\omega}{4} + 2nz\right)},$$

e poniamo:

$$z = \frac{x-x'}{4a}, \qquad z' = \frac{x+x'}{4a}.$$

Avremo:

$$e^{-\frac{(x-x')^2}{\tau_1}} \Theta_{0,0}\left(\frac{4ai(x-x')}{\pi\tau_1}, \frac{4^2a^2i}{\pi\tau_1}\right) = \frac{\sqrt{\pi\tau_1}}{4a} \Theta_{0,0}\left(\frac{x-x'}{4a}, \frac{\pi\tau_1 i}{4^2a^2}\right),$$

$$e^{-\frac{(x+x')^2}{\tau_1}} \Theta_{1,0}\left(\frac{4ai(x-x')}{\pi\tau_1}, \frac{4^2a^2i}{\pi\tau_1}\right) = \frac{\sqrt{\pi\tau_1}}{4a} \Theta_{0,1}\left(\frac{x+x'}{4a}, \frac{\pi\tau_1 i}{4^2a^2}\right).$$

Sostituendo nella formula (11) si ottiene:

$$\Omega(x,x',a)=\frac{\sqrt{\pi\tau_1}}{4a}\left[\Theta_{0,0}\left(\frac{x-x'}{4a},\frac{\pi\tau_1 i}{4^2a^2}\right)-\Theta_{0,1}\left(\frac{x+x'}{4a},\frac{\pi\tau_1 i}{4^2a^2}\right)\right],$$

ed analogamente:

$$\Omega(y,y',b)=\frac{\sqrt{\pi\tau_2}}{4b}\left[\Theta_{0,0}\left(\frac{y-y'}{4b},\frac{\pi\tau_2 i}{4^2b^2}\right)-\Theta_{0,1}\left(\frac{y+y'}{4b},\frac{\pi\tau_2 i}{4^2b^2}\right)\right].$$

Ponendo questi valori nella formula (9), dopo aver sostituito a τ_1 e a τ_2 i loro valori $4k_1(t'-t)$ e $4k_2(t'-t)$, abbiamo:

$$(12)\quad u=\frac{\pi\sqrt{k_1k_2e^{ht}}}{4ab}\left[\Theta_{0,0}\left(\frac{x-x'}{4a},\frac{\pi k_1 i(t'-t)}{4a^2}\right)-\Theta_{0,1}\left(\frac{x+x'}{4a},\frac{\pi k_1 i(t'-t)}{4a^2}\right)\right]$$
$$\left[\Theta_{0,0}\left(\frac{y-y'}{4b},\frac{\pi k_2 i(t'-t)}{4b^2}\right)-\Theta_{0,1}\left(\frac{y+y'}{4b},\frac{\pi k_2 i(t'-t)}{4b^2}\right)\right],$$

Dedotti da questa i valori di u per $t=0$, e di $\frac{du}{dy}$ per $y=\pm b$, e di $\frac{du}{dx}$ per $x=\pm a$, dovremo sostituirli nella formula (6), che in questo caso diviene:

$$v'=\frac{e^{-ht'}}{4\pi\sqrt{k_1k_2}}\int_{-a}^{a}\int_{-b}^{b}u_0v_0\,dx\,dy+\frac{e^{-ht'}}{4\pi}\int_0^{t_1}dt\left\{\sqrt{\frac{k_2}{k_1}}\int_{-a}^{a}\left[V_1\left(\frac{du}{dy}\right)_{y=b}\right.\right.$$
$$\left.\left.+V_3\left(\frac{du}{dy}\right)_{y=-b}\right]dx-\sqrt{\frac{k_1}{k_2}}\int_{-b}^{b}\left[V_2\left(\frac{du}{dx}\right)_{x=a}+V_4\left(\frac{du}{dx}\right)_{x=-a}\right]dy\right\}.$$

———ooooo-ooooo———

DELLE TRASFORMAZIONI DEL MOVIMENTO MECCANICO IN MOVIMENTO CALORIFICO OSSERVABILI NEI CORPI RUOTANTI; NOTA DEL PROF. VINCENZO RIATTI.

I.

Sull' incominciare del 1866, due fisici inglesi, sir Balfour Stewart, noto pe' suoi lavori sul calorico raggiante, e P. S. Tait, autore di una certa teorica sulle macchie solari, pubblicarono una Memoria assai originale; una di quelle Memorie che sorprendono o preoccupano contemporaneamente, che parlano cioè nello stesso tempo all' immaginazione ed all' intelletto. Essi annunziarono alla Società Reale di Londra (1) d' avere osservato che un disco di legno ruotante, sì nel vuoto che in piena aria, riscalda per irraggiamento i corpi circostanti, come se possedesse una temperatura superiore a quella dell' ambiente.

Per una strana coincidenza, aveva anch' io fin d' allora in pensiero di tentare un' esperienza, dalla quale mi doveva pur risultare che un disco ruotante di due rotazioni normali l' una all' altra si sarebbe riscaldato, o, più generalmente, avrebbe presentato qualche fenomeno fisico, come necessaria conseguenza dell' aumento portato in quel modo alla sua velocità corpuscolare. Basandomi sul principio incontrastabile

(1) *Institut*. 7 Mars 1866.

della forza viva, io mi teneva sicuro, ripeto, che avrei trovato qualche cosa di nuovo, quando mi giunse la notizia dell'esperimento dei sigg. Balfour e Tait.

Sulle prime credetti che vi potesse essere una certa analogia tra il fenomeno ch'io aveva divinato, e che stava per esperimentare, e il fatto compiuto che si tentava di spiegare. Ma ben presto, pensandoci sopra, m'accorsi che la ragione particolare per cui si doveva riscaldare, elettrizzare, o che so io, la trottola ruotante di due rotazioni contemporanee, non poteva essere quella stessa per la quale si riscaldano i dischi ruotanti di una sola rotazione. Dico la ragione particolare, perchè tanto il preveduto riscaldamento della mia trottola, quanto il verificato riscaldamento del disco Balfour, non possono essere, in ultima analisi, che trasformazioni calorifere del movimento meccanico impiegato a determinare quelle rotazioni. Anzi codesta trasformazione non sarà massima, per una data forza motrice, se non quando il lavoro resistente interno si sarà reso eguale al lavoro motore esterno.

Ma altra cosa è conoscere la condizione prima di un fenomeno, altra è conoscere la serie dei condizionali per cui da quella prima si giunge all'ultimo effetto studiato. Noi, per esempio, siam certi che i fenomeni calorifici, luminosi, elettrici, chimici, osmotici, ed aggiungo anche di gravitazione, non sono, nè possono essere che risultati meccanici di un impulso primitivo, coevo alla sostanza, il quale va continuamente cambiando punto e modo d'applicazione; ma ignoriamo ciò nullameno quasi tutte le modalità particolari di quei movimenti corpuscolari, che determinano tante e sì svariate manifestazioni. La gran sintesi, trionfo del nostro secolo, è fatta; ma l'opera lenta, graduata, investigatrice che ci deve dare la meccanica degli infinitamente piccoli sulle stesse incrollabili fondamenta su cui basammo la meccanica delle masse, è appena iniziata, ed a proseguirla vale appunto l'esame e la misura del modo sensibile nel quale si compiono le citate trasformazioni.

Or bene, come si trasforma il movimento meccanico in movimento calorifico sul disco ruotante di una sola o di due rotazioni contemporanee? La mia trottola si troverebbe for-

se nelle stesse condizioni del disco di Balfour e Tait. Sono questi due fenomeni così analoghi, che la spiegazione dell'uno possa valere anche per l'altro?

II.

Potendosi supporre che il riscaldamento dei dischi metallici fosse dovuto ad una trasformazione calorifica delle correnti elettriche destate dall' azione inducente della terra in qualunque conduttore posto in rotazione, prescelsi di studiare soltanto dei corpi non conduttori dell' elettricità a debole tensione, per evitare possibilmente qualunque incertezza nell' assegnamento della causa termogenica; e le mie esperienze incominciarono infatti sui dischi di legno e di vetro.

Atteso il difetto dei mezzi per me disponibili, non giunsi a dare ai miei dischi una velocità maggiore di venti giri per secondo (mentre Balfour e Tait raggiunsero i cento giri nella stessa unità di tempo), nè potei ottenere rotazioni esattamente uniformi. Tuttavia, sia che il corpo ruotante irradii calore solo dopo essersi elevato ad una temperatura superiore a quella della pila termoelettrica, colla quale lo si esplora, sia che emani calore anche restando ad una temperatura pari a quella del citato termoscopio (come farebbe supporre il modo d' esprimersi dei due fisici inglesi), fatto sta che io trovai sempre, dopo la rotazione, un reale riscaldamento tanto ne' dischi di legno, quanto in quelli di vetro. Se un disco ruotante potesse irradiare, oltre l' ordinario scambio fra i corpi a pari temperatura, senza un previo riscaldamento, la limitazione di venti giri per secondi, impostami dalle circostanze, non avrebbe, io credo, potuto cambiare la modalità del risultamento cercato.

La mia pila termo-elettrica ha sempre mostrata la stessa, benchè piccolissima, deviazione galvanometrica, tanto quando veniva scoperchiata davanti ad un disco rotante, quanto davanti allo stesso disco, subito cessata la rotazione. *Dunque la rotazione determina il riscaldamento, del quale l' irradiazione è una conseguenza.*

Alterando le condizioni di superficie dei dischi studiati, col colorarli, levigarli, coprirli di nero fumo, si possono ottenere effetti più o meno sensibili, eguali però tanto nella pienezza della rotazione, quanto subito dopo cessata. Ciò vuol dire che *il potere irradiante non è solo in funzione della differenza fra la temperatura del corpo studiato e dei corpi circostanti, ma anche del suo potere emissivo.*

Precisato così il modo di presentarsi del nuovo fenomeno, mi restava di ricercare la cagione del riscaldamento in quistione. Il metodo migliore per queste ricerche, quando non baleni alla mente di primo tratto una di quelle intellezioni che incontrano in un sol atto tutt' intiera una sintesi, si è quello dell' eliminazione.

Esaminiamo adunque, sostituendo condizione a condizione, per poter distinguere ed isolare quelle che sono indispensabili alla produzione del fenomeno in tutta la sua estensione.

Nel mio caso, per le esperienze stesse dei sigg. Balfour e Tait, dev' essere esclusa l' aria. I due fisici inglesi hanno dimostrato che l' irradiamento di uno stesso disco, data una costante velocità angolare, è maggiore nel vuoto che in piena aria; per cui, astrazione fatta dall' assorbimento termico dovuto all' aria stessa, agente per contatto e come mezzo atermico interposto, bisogna concludere che il riscaldamento è indipendente dall' azione di questo mezzo.

Ma, tolta l' aria, cosa rimane da considerare? Il solido ruotante. In un solido si possono distinguere sempre le funzioni di superficie da quelle di massa, e su questa distinzione m' interessava fissare l' attenzione, perchè alcuni in Inghilterra, supponendo che il disco ruotante irraggi calore senza riscaldamento, opinarono che l' irradiamento derivi da un conflitto fra l' etere ed i corpuscoli coercibili della massa ruotante, conflitto che si effettuerebbe alla sola superficie del disco. Insomma, secondo costoro, l' onda eterea calorifera non sarebbe determinata dalla vibrazione termica del corpo irradiante, ma immediatamente dall' urto meccanico fra la superficie di questa e l' etere che lo circoscrive.

Ognun vede che per sostenere una così strana opinione

bisognerebbe mostrare esperimentalmente che al variare della superficie, lasciando costante la massa, come al variar della massa, lasciando costante la superficie, variasse il fenomeno nella sua intensità. Invece dei soliti dischi, ho sottoposto all' esperienza alcune sfere di legno aventi la stessa superficie, ed ho anche assottigliato, per quanto mi è stato possibile, i dischi a diametro costante; ma con tutto ciò non ho potuto verificare differenza sensibile nel modo di irradiare.

Dato poi che codesto riscaldamento avesse origine da un conflitto superficiale, bisognava bene che, sotto una velocità ed una superficie stabilita, masse diverse presentassero nella stessa unità di tempo diversi riscaldamenti. Invece dalle mie esperienze risulta che i dischi di massa qualunque e diametro eguale si riscaldano, nell' unità di tempo, pressochè egualmente, allora che sono animati da una stessa velocità di rotazione. Ad ogni unità di massa, nell' unità di tempo, corrisponde dunque un' unità di riscaldamento.

Ed invero per mantenere la stessa velocità di rotazione in masse diverse (sottratta la resistenza interna del motore, la quale cresce o diminuisce in funzione della massa sottoposta), si ha che i pesi da applicarsi al sistema di ruote motrici sono sempre proporzionali alle masse studiate. Il che vuol dire, ripeto, che ogni unità di massa, sì interna che superficiale, assorbe il suo contingente di forza viva, proporzionale alla velocità di cui è animata, e lo trasforma in calore.

Compito il lavoro d' eliminazione, veniamo al fatto, e, per mezzo dell' analogia, cerchiamo di toccar la meta, approfittando di quello che è noto alla scienza, per render ragione dell' esperimento dei sigg. Balfour e Tait.

Qui possiamo domandarci cosa debba succedere in un disco, od in un solido di una forma qualunque, per riguardo alla sua elasticità, allorchè è forzato a ruotare? Ogni punto della massa tende ad estendersi nel suo piano di rotazione, ed a rinserrarsi parallelamente al piano dell' asse. A quest' effetto della forza centrale si oppone un' altra forza continua, l' elasticità, con valori crescenti dallo zero fino al par-

ticolar valore del suo coefficiente di elasticità; epperò ogni punto della massa ruotante farà la percorrenza necessaria per eguagliare il calore della forza centrale (azione) a quello or accennato dell' elasticità (reazione). Ma dall' antagonismo di queste due forze ne deriverà un fatto statico, oppur dinamico? Col girare di una massa qualunque i punti che la compongono si debbono porre in oscillazione. e da questa oscillazione non può non avvenirne un riscaldamento per l'attrito fra punto e punto. Credo anzi che codeste oscillazioni si possano verificare anche direttamente con quaiche artificio ottico.

III.

La ragione per cui si riscaldano i dischi Balfour e Tait, e si debbono riscaldare tutte le masse ruotanti di una sola rotazione, non esce dunque dal campo della scienza nota.

Ma coll' argomento delle oscillazioni corpuscolari potremo noi spiegare anche il riscaldamento della trottola ruotante di due rotazioni normali l' una all' altra? Io credo di no, perchè il riscaldamento delle masse ruotanti di una sola rotazione, dovendo equivalere alla quantità di movimento meccanico apparentemente scomparso nell' unità di tempo, ne viene di conseguenza che, lasciando anche costante la velocità di rotazione, il diametro e la massa, e variando soltanto il valore dell' elasticità, deve variare di pari passo il valore del riscaldamento, corrispondente all' unità di massa nell'unità di tempo. E se noi troveremo che, nella trottola ruotante, di due rotazioni normali e contemporanee, la forza viva scomparsa apparentemente non ha alcun rapporto col coefficiente di elasticità della materia della trottola stessa, dovremo concludere che la modalità determinante uno stesso fenomeno è diversa nei due casi.

Prendiamo una trottola aerea, una *toupie*, come dicono i francesi, munita dell' anello che ne sorregge il perno, e, posta in rotazione, proviamocí, mercè lo stesso anello, a ruotarla ancora nel piano dell' asse. Così facendo noi proveremo una resistenza, come se si trattasse di sollevare un peso, di

piegare una molla. Ma che cosa è una resistenza? Nient'altro che un assorbimento di valor dinamico, che l'apparente distruggersi di una quantità di moto. Apparente, dico, e non reale, dacchè l'indistruttibilità della sostanza, e la conservazione della forza viva od energia dinamica, formano i principii assiomatici sui quali basano in oggi le fisiche discipline.

Ora ci sentiamo naturalmente condotti a domandarci dove passi, e qual forma prenda, quella forza che la nostra mano comunica alla trottola, obbligandola a compiere due rotazioni normali e contemporanee. Il valor dinamico comunicato al manubrio del disco Foucault, ruotante fra i poli di una calamita, si trasforma in corrente elettrica, la quale, alla sua volta, si trasforma in calore. Il valor dinamico immagazzinato nella macchina Holtz si trasforma in elettricità di tensione, quello comunicato alle macchine Wild e Ladd in elettricità dinamica, passando per la trasformazione magnetica, e finalmente quello comunicato al disco Balfour e Tait in vibrazione corpuscolare e poscia in calore. Bisogna bene che anche il valor dinamico meccanicamente scomparso nella detta trottola pigli una nuova forma, ed ecco perchè fin dal principio di questa memoria dissi d'esser ben certo che in fin dei conti avrei trovato qualche cosa di nuovo.

Aggiunto un manico all'anello della trottola, il cui prolungamento taglierebbe normalmente l'asse ruotante, e fissato detto manico ad un tornio, per poter così più liberamente ruotare la trottola nel piano dell'asse, indi fatto girare la trottola ed il tornio (che fu poscia sostituito da un altro artificio destinato, quando vogliasi, a mantenere vive tutte e due le rotazioni), ho trovato che le due rotazioni si elidono reciprocamente, e che *tanta è la forza viva comunicata* al manico unito all'anello, *quanta è quella contemporaneamente sottratta alla rotazione della trottola ruotante;* quindi che più si gira il tornio velocemente, più s'incontra resistenza, e più prestamente la trottola cessa di ruotare.

Ho trovato pure che la temperatura di questa trottola s'aumenta, e che tale aumento, computato in calorie, equivale pressochè ai chilogrammetri di movimento scomparso. Ho detto pressochè e non assolutamente, perchè gli strumenti

che adoperai a misurare la forza viva scomparsa ed il calore svolto non erano della dovuta precisione.

Il riscaldamento della trottola essendo affatto indipendente dalla sua elasticità, non ha dunque nulla di comune con quello del disco ruotante di una sola rotazione, presentato alla Società Reale di Londra dai sigg. Balfour e Tait. Quale sia poi la condizione prossima che determina la vibrazione termica della massa ruotante di due rotazioni normali, quali sieno le altre condizioni analoghe, note ed ignote ancora, fra cui essa puossi classificare, è tale un argomento che, io credo, ben merita d'esser trattato a parte, ed è mio pensiero di farne soggetto di un'altra Memoria.

RIFLESSI DEL PROF. GIOVANNI CANTONI SU LA PRECEDENTE NOTA DEL *RIATTI*.

Mi riescì ben gradito l'incarico di comunicare a quest'Istituto il pregevole scritto del Prof. Riatti, poichè vi si tratta un argomento importante di meccanica molecolare. Ed avendo potuto ripetere talune delle sperienze descritte dal Riatti, ne ebbi risultati conformi a quelli da lui ottenuti.

Quanto poi alla condizione fisica pel calore manifestato da un disco rapidamente ruotante, parvemi di poterla in parte almeno, riconoscere in ciò che comunemente si denomina forza d'orientazione molecolare, la quale vien modificata dal moto di rotazione.

Perciocchè, come accenna anche il Riatti, nel mentre il disco ruota, le sue molecole, per un verso, tendono a discostarsi dall'asse di rotazione, ossia ad aumentare il raggio del disco, e d'altra parte tendono ad accostarsi fra di loro normalmente al piano di rotazione, ossia tendono anche a diminuire la grossezza del disco stesso. Ora, in causa di questi due contemporanei movimenti, codeste molecole verranno a mutare il reciproco loro aspetto, ruotando un tal poco le une su le altre. Epperò, se si suppone nelle molecole stesse una tendenza dei singoli loro assi di figura a mantenere una data direzione gli uni rispetto agli altri (appunto ciò che de-

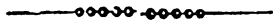
nominasi forza d'orientazione molecolare), durante il moto di rotazione impresso al disco, si manifesterà una resistenza contro il predetto rivolgimento delle molecole, la qual resistenza sarà commisurata all'energia di tal forza d'orientazione, ed alla quantità del rivolgimento delle molecole, provocato dal moto rotatorio del disco; epperò codesta resistenza intestina cagionerà la trasformazione di una parte del lavoro meccanico in calore.

Questa deduzione apparirebbe ancor più chiara, qualora si ammettesse, siccome io ritengo, dietro un pensiero del Secchi, che quanto ci accontentiamo di indicare con una mera frase, la forza di orientazione molecolare, la quale si mostra efficace nei liquidi viscosi, e meglio nei solidi a struttura cristallina, riveli la sussistenza di un assiduo moto di rotazione delle singole molecole attorno un loro asse e corrisponda allo sforzo che di conseguenza in esse si spiegherà per ridurre e mantenere paralleli fra loro codesti assi di rotazione, e concorde il verso del loro movimento (1). Poichè, in allora, si comprenderebbe che il moto di rotazione del disco solido disturbando il moto di rotazione delle sue molecole, ossia questo reagendo su di quello, s'avrà una chiara ragione meccanica dello scaldarsi del disco,

Se così è codesto scaldamento dovrebb'essere, ad eguali condizioni nel resto, più sentito in un solido a struttura cristallina, in confronto di altro a struttura uniforme. Ora nei metalli, e massime in quelli più solidi e duttili dev' essere debole la forza d'orientazione, in confronto a quanto è nei corpi, ne' quali la fragilità è indizio di struttura cristallina. Ebbene, avendo a mia disposizione un disco di rame, cui può imprimersi una rotazione di circa 200 giri al minuto secondo (nel noto apparecchio di Foucault), ed un disco di vetro, che tutt' al più può ruotare con una velocità di venti giri al secondo (nella macchina di Holtz), trovai che quest'ultimo, giovandosi d'uno squisito termo-moltiplicatore, si scaldava poco meno che l'altro, quantunque la sua rotazione fosse di

(1) Veggasi la recente mia Nota: *Su alcuni principj d'idrostatica* a pag. 443 de' *Rendiconti*.

tanto meno veloce. Il qual risultato sembra confermare la precedente supposizione, che il calore promosso nei dischi ruotanti di Balfour e Tait, e del Riatti, possa in parte almeno, attribuirsi alla forza d'orientazione molecolare, e possa anzi valere quale indizio del vario stato di rotazione nelle molecole de' differenti solidi. Dirò di più, che questa supposizione potrebbesi sottoporre ad una diretta prova. Due dischi di una stessa sostanza, di egual raggio e ruotanti con eguale velocità, dovrebbero scaldarsi in diverso grado, quando l'uno sia stato tagliato colle sue basi parallele ai piani di sfaldatura e l'altra perpendicolarmente ad essi, giacchè in questi due dischi sarà diverso lo sforzo di reazione degli assi delle rotazioni molecolari rispetto all'asse della rotazione totale.

Le precedenti considerazioni varrebbero del pari a spiegare lo scaldarsi della trottola, che il Riatti fa contemporaneamente ruotare attorno due assi tra loro normali. Poichè anco in tal caso, sarebbe la tendenza al ridursi paralleli e concordi nel verso i due movimenti di rotazione, ciò che provoca una resistenza contro uno di essi, diminuendone la velocità; e la corrispondente diminuzione nella forza viva si manifesterà sotto forma di calore. Io verificai che codesta resistenza si manifesta assai distinta anche nel caso in cui i due movimenti impressi alla trottola siano nella stessa direzione, ma di verso contrario. Epperò tanto il principio di meccanica così ben dichiarato dal Sire (*Arch. des Scien. Nat.*, Genève fevr. 1858), quanto il principio fisico della conversione del lavoro in calore trovano una bella conferma in cosiffatti sperimenti.

STUDII SPETTRALI SULLE COMETE; DI A. SECCHI.

La comparsa di due comete a breve intervallo ambedue di sufficiente forza di luce per essere analizzate e studiate collo spettroscopio, ha dato occasione di penetrare più addentro nella cognizione di questi corpi e di arrivare ad alcune conclusioni inaspettate, ma che confermano la moderna teoria italiana della loro origine riconosciuta ormai per estranea al nostro sistema, e comune ad esse e alle stelle cadenti.

Tre problemi si presentano immediatamente.

1.° Sono tutte le comete della stessa natura?

2.° Sono esse composte di sostanze quali abbiamo in terra, e ci si manifestano nelle masse cadenti?

3. La luce delle comete è loro propria o solo riflessa dal sole?

Le ricerche che qui soggiungo, se non risolvono completamente questi problemi, li fanno molto avanzare verso la loro soluzione. Apparirà infatti: 1.° che la loro luce spettrale è discontinua come quella delle nebulose, e di analogo stato gassoso ma non di identica sostanza. Che una diversifica dall' altra onde la materia non è identica in tutte. Che

abbiamo in esse del carbone in istato gassoso e luminoso. Che questa sostanza trovata nel meteorolite di Orgueil e in quello del Capo di Buona Speranza in tanta copia, ci si presenta nelle comete in modo distintissimo. Queste scoperte fatte da noi collo strumento che abbiamo ridotto a una perfezione molto superiore a quella che avea prima sono state confermate indipendentemente dal sig. Huggins, e se taluno ha creduto trovarvi eccezione, si deve ciò alla imperfezione de' suoi mezzi di osservazione.

Veniamo alle comete particolari.

Cometa di Brorsen.

La cometa nelle sere 23, 24, 25 Aprile p. p. si presentava con un piccolo nucleo sfumato, dello splendore di una stella di settima in ottava grandezza veduta a piccolo ingrandimento nel Cercatore, cinto da una luce diffusa da uno a due minuti. Fu tentato indarno di averne lo spettro cogli strumenti a fessura, poichè la luce era troppo debole: fu quindi usato lo spettrometro a visione diretta fornito di lente o di oculare cilindrico, lavoro squisito del sig. Merz di Monaco. Siccome l'oculare permette di vedere anche l'imagine diretta dell'astro insieme col suo spettro nel campo visuale, così fu facile determinare la posizione relativa delle diverse parti dello spettro.

Lo spettro della cometa era discontinuo formato di zone luminose abbastanza vive, su di un fondo leggermente luminoso. La principale zona e la più viva era nel verde in prossimità del magnesio (b) tra questa riga e la F del sole. Essa era viva sufficientemente per potersi vedere insieme coll'immagine diretta della cometa, e larga quanto il nucleo o poco più, e talora scintillante ma sfumata. Un'altra zona era nell'azzurro oltre la F; essa però era molto più debole e sfumata. Finalmente nel rosso e nel giallo ve ne erano due altre; ma la prima appena percettibile con un poco di luna, l'altra si vedeva bene.

Ecco le posizioni di queste zone prese in confronto delle righe nere dello spettro solare determinate con Venere.

Sodio	=	5r.13
Cometa (gialla verdina) .	=	5.92
Magnesio	=	6.83
Cometa (verde viva) . .	=	7.07
F del sole	=	7.94
Cometa (nell'azzurro) .	=	8.52
G del sole	=	10.57

Il tramontare della cometa poco dopo il fine del crepuscolo, la nebbia in cui s'immergeva, e poscia la luna ci hanno impedito di fare ulteriori osservazioni, e assicurarci se queste zone sono costanti.

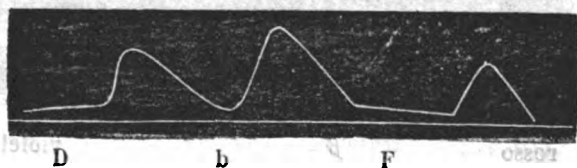
Emerge però da queste osservazioni una conseguenza importantissima, cioè che non tutta la luce delle comete è semplicemente luce riflessa dal sole come si è creduto finora. Se la luce fosse tale, dovrebbe dare lo spettro solare, e per la sua languidezza sarebbe appena percettibile come quello di una stella gialla di settima. La luce adunque delle comete è luce propria almeno in gran parte. La riflessa o diffusa dal sole in modo qualunque non vi può entrare che in minima parte. Questa luce è analoga pel colore a quella delle nebulose propriamente dette, ma non assolutamente identica.

La debolezza dell'astro e il suo ulteriore diminuire di luce e le nebbie del cielo ci hanno impedito di fare altre osservazioni come speravamo e soprattutto di analizzare la luce della cometa se fosse polarizzata, Questo però fu fatto nella seguente. Ma il carattere di luce propria e non solare riflessa risulta troppo evidente dallo stato a zone dello spettro, e non ha bisogno di altra dimostrazione. Il sig. Prazmourski ha creduto che questo spettro discontinuo possa attribuirsi alla diffusione come accade nella luce riflessa dei corpi opposti al sole che hanno colori puri. Ma ciò non può ammettersi. Ho fatto in proposito diverse esperienze e nessuno mi ha offerto quelle righe vive e scintillanti e taglienti come nella cometa, onde questa luce è della natura di quella che è inviata direttamente dai gas illuminati, e non di semplice diffusione o riflessione.

Il sig. Wolff di Parigi ha creduto che io mi sia sbagliato nell' assegnare il posto delle righe con qualche errore costante in questa cometa, perchè esse non combinano con quelle della seguente, e perchè esso crede aver veduto luminoso dove io ho veduto oscuro. Siccome il mio strumento permette come dissi la visione diretta dell' astro insieme collo spettro, e ho confrontato il posto delle righe della cometa immediatamente con quelle di Venere, così credo che l' errore non sia punto dal mio lato. In materia di tanta importanza non ho preso la cosa alla buona, ma ho usato ogni diligenza. Di più dirò che il posto da me assegnato alla riga lucida del verde combina con quello ritrovato per essa dal sig. Huggins, giudice certamente assai competente in questa materia, come può vedersi nel *Mondes* di Moigno pel 18 Giugno 1868 tomo XVII pag. 270.

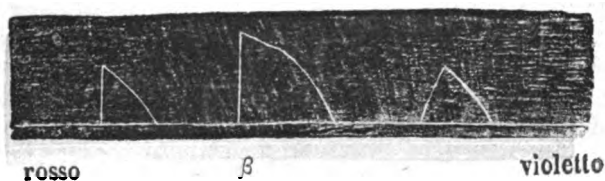
Cometa di Winnecke.

La nuova cometa del sig. Winnecke è venuta in buon punto per poter ripetere le osservazioni che io aveva fatte su quella di Brorsen. Questa cometa è piccola, ma è molto lucida, e nella mattina del 22 Giugno alle 1 dopo la mezza notte il suo nucleo era presso a poco uguale a una stella di quinta grandezza. Siccome ho potuto farne una buona osservazione coi diversi spettroscopi, così il risultato mi pare assai interessante.

Adoperando lo spettroscopio semplice, a prima vista lo spettro della cometa è formato di tre zone molto vive: quella di mezzo che è la più viva, è nel verde; un' altra abbastanza lucida è nel giallo; e l' ultima molto debole è nel bleu. Il fondo del campo dello strumento è pieno di luce diffusa. La curva qui sotto rappresenta a un di presso il grado d'intensità della luce.

Ora ecco la posizione di queste zone presa relativamente a Venere che era stata osservata e misurata la sera innanzi, lasciando intatto il micrometro.

Venere riga D $= 4^r.29$,
Cometa . . . 4. 68 principio del giallo
Cometa . . . 5. 29 fine del giallo.
Venere riga (b) $= 5^r.99$,
Cometa . . . 5. 97 principio vivo del verde,
Cometa . . . 6. 44 mezzo del verde,
Cometa . . . 6. 97 fine del verde.
Venere riga F $= 7^r.11$,
Cometa . . . 7. 86 massimo della zona azzurra che è larga ma un poco meno della gialla.
Venere riga G $= 10^r.06$.

Quello che io notai in particolar modo è che la luce era molto viva e forte al principio della zona gialla e della verde.

Siccome lo spettroscopio semplice non ha fessura, le righe non sono nette, e si conformano a modo del nucleo che è diffuso ai contorni. La luce dell' aureola cometaria (nella quale con un ingrandimento di 300 volte si distinguevano ancora le tracce di settori più lucidi) contribuiva anche a rendere lo spettro meno deciso. Pertanto ho adoperato anche lo spettroscopio a fessura : ma ho osservato che con due prismi di Hoffman a visione angolare appena si vedeva la zona centrale. Applicai quindi un prisma di Hoffman a visione diretta con cui si aveva l' immagine delle tre zone assai netta. Le forme e gli aspetti di queste tre zone sono come si vede nella figura seguente, nella quale le curve indicano l' intensità della luce.

Qui la forma recisa dal lato del rosso è assai visibile: tutta la luce di mezzo era sparita, ma era difficile di prendere bene le misure. Con tutto ciò sono facilmente riuscito a sovrapporre alla riga più luminosa β del verde l'immagine riflessa del micrometro a fessura; e avendo lasciato lo strumento intatto fino al mattino seguente, ho trovato che questa posizione coincideva molto prossimamente colla riga (b) del magnesio. Ciò combina assai bene colle misure prese collo spettroscopio semplice, e riportate innanzi.

Mi parve però che questa riga non fosse quella del magnesio; perchè differiva un poco in posto, e perchè l'aspetto generale dello spettro non mi sembrava essere uno spettro metallico. Paragonando queste misure cogli spettri del sig. Angströem, vidi che il carburo d'idrogeno CH si avvicina talmente a queste tre zone, che mi sentii inclinato a credere che questa sostanza fosse realmente quella che risplende nella cometa. Nelle sere ultime ho potuto rivedere la cometa più alta, e vi ho veduto distintamente una quarta riga del medesimo sistema CH posta nel violetto, ma debolissima. Onde resta comprovato essere in questa nostra cometa la sostanza del carbonio.

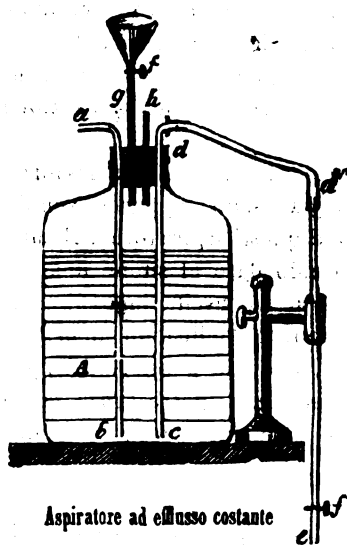
Ho voluto poi fare qualche osservazione sulla polarizzazione; e mentre l'ho trovata abbastanza sensibile nell'aureola, non ne ho avuto segno sufficiente nel nucleo. Eppure il mio polariscopio è molto sensibile, perchè è composto di una lamina di quarzo formata di due pezzi, congiunti in modo da fare una lamina unica, uno de' quali gira il piano di polarizzazione a destra e l'altro a sinistra, di maniera che mi dà all'istante il campo colorato delle due tinte complementarie. L'analizzatore è un prisma di nicol, ovvero un prisma birefrangente ad arbitrio: la lastra di quarzo è collocata prima delle lenti dell'oculare che è positivo, e l'analizzatore dopo, presso all'occhio. Avendo, colla linea di divisione dei due pezzi del quarzo, tagliato in due l'immagine del nucleo sotto diverse posizioni, non sono giunto a vedere alcuna traccia di colorazione sensibile sulle due metà, mentre delle tracce di colore si vedevano nella chioma della cometa.

Benchè lo spettro di questa cometa sia dello stesso ordine che quella di Brorsen, con tutto ciò esso non è del tutto identico. Nella zona gialla la differenza è di $0^r.76$; pel mezzo della verde è $0^r.46$, e per la bleu è $0^r.49$. Queste differenze sono troppo grandi e non si può ammettere un errore tale nelle misure di quella, poichè in essa il verde era assai distante dalla (b) e qui coincide.

L' importanza di queste osservazioni è troppo manifesta. Esse confermano sempre meglio quello che io ho detto nelle altre mie comunicazioni e dimostrano che oltre una debole luce riflessa, v' è nella cometa una quantità di luce propria la quale costituisce la quasi totalità del suo nucleo. Un carattere assai importante di questa luce è che le zone luminose sono nettamente recise dal lato del rosso, e vanno gradatamente diminuendo verso il violetto, perfettamente come nello spettro di certi gas. Qui è difficile di poter determinare se nelle zone esistono delle suddivisioni: ma mi sembra d' averne vedute delle tracce nella parte più viva. Del resto questa questione adesso è completamente risoluta, avendo il sig. Huggins mostrato sperimentalmente la coincidenza di queste righe con quelle del gas olefiante in un tubo di Geissler, e così confermata la mia scoperta. Certamente la questione del sapere come questo gas possa essere di per sè luminoso in mezzo allo spazio, è assai grave e difficile: ma essa non lo è più di quella che lo sia per la luce propria delle nebulose. Ammessa questa luce propria si capirebbe meglio la facilità con cui si accendono le stelle cadenti, poichè allora sarebbe la materia cometaria già disposta all' accensione per la sua condizione luminosa.

SU UN ASPIRATORE AD EFFLUSSO COSTANTE.
NOTA DI G. PISATI.

1. Alcune sperienze sull'ozono atmosferico fatte col processo di Hauzeau mi offrivano l'occasione di formare un aspiratore ad efflusso costante, il quale per la sua semplicità, pel suo lieve costo e pel suo uso anche nella misura di frazioni piccolissime del tempo mi sembra possa riuscire non del tutto inutile a molti studiosi. Eccolo:

Aspiratore ad efflusso costante

La bottiglia A capace di circa 15 litri è chiusa da un tappo a 4 fori pei quali passano altrettanti cannelli *ab*, *cd*, *g*, *h*: i primi due *ab*, e *cd* nell'interno si abbassano sino a toccare quasi il fondo della bottiglia, ed all'esterno l'uno comunica col recipiente attraverso cui si vuole far passare l'aria,

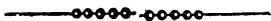
e l'altro, per mezzo del tubo *dd'* di gomma elastica, col cannello *d'e* prolungantesi alquanto sotto il piano orizzontale degli orifizii *bc*; il terzo cannello *g*, all'esterno munito della chiave *f* e terminante con un imbuto, di ben poco s'interna al di sotto del tappo; e così fa anche il quarto *h* perfettamente chiuso e che può a volontà essere tolto e rimesso al suo posto.

Per mettere in opera l'apparecchio s'incomincia dal togliere il cannello *h*, ed aperta fa chiave *f* si versa acqua nell'imbuto fino a che ne sia totalmente piena la bottiglia: ciò ottenuto chiudesi la chiavetta *f*, si rimette *h* al suo posto, e si soffia nel tubo *a* fino a che il sifone *cdd'e* sia caricato. Allora incomincia l'acqua a fluire dall'orifizio *e* con getto costante e continua fino a che gli orifizii *bc* pescano nel liquido.

Come di leggeri si scorge è quest' apparecchio una semplice bottiglia di Mariotte, nella quale al foro praticato nella parete si è sostituito il sifone *cdd'e*, ovviando così all'inconveniente che ha la bottiglia medesima di non poter dare un getto abbondante a cagione dell'aria che s'introdurrebbe in essa se il foro della parete avesse una sezione poco più che appena sensibile.

2. Dalle molte prove fatte ottenni sempre in tempi eguali, pesi eguali d'acqua uscita; epperciò venni nella determinazione di far uso di quest' aspiratore nel misurare il tempo. A questo scopo avendo dato al sifone una lunghezza opportuna, ebbi 1200^{cc} d'acqua uscita in ogni minuto, ossia 20^{cc} in ogni secondo: epperò applicando all'orifizio inferiore del sifone un congegno, il quale permetta di aprirlo e chiudere a volontà e prontamente, si potrà senza fatica avere la misura dei ventesimi di minuto secondo, o delle frazioni più piccole se così piacerà..

Sarei ben lieto se potessi determinare qual grado di fiducia, nella misura delle piccole frazioni di tempo, si meriti quest'apparecchio: ma ciò lascio fare a chi più fortunato di me, possegga un cronometro elettrico col quale confrontarlo.

Ancona 11 Febbraio 1868.

SOPRA GLI AEROLITI CADUTI IL GIORNO 29 FEBBRAIO 1868 NEL TERRITORIO DI VILLANOVA E MOTTA DEI CONTI (CIRCONDARIO DI CASALE MONFERRATO, PIEMONTE); NOTA DEL PROF. FRANCESCO DENZA, DIRETTORE DELL' OSSERVATORIO DEL R. COLLEGIO CARLO ALBERTO IN MONCALIERI.

Lo studio delle meteore cosmiche, qualunque esse siano, è divenuto al presente della più alta importanza per la scienza astronomica. Quindi io credo far cosa grata ai cultori di queste discipline, esponendo qui brevemente le principali circostanze, che accompagnarono la caduta di aeroliti avvenuti il 29 Febbraio ultimo in Piemonte. Queste circostanze io deduco dalle accurate e minute ricerche fatte dai sigg. Agostino Goiran, Arturo Zannetti, Antonio Bertolio, Luigi Musso, Professori nell' Istituto tecnico municipale di Casale, i quali si compiacquero comunicarle a me per esteso (1). Per disavventura nessuna persona colta ed intelligente fu testimonio del fenomeno; ma le molte e scrupolose interrogazioni fatte a tutti coloro che furono spettatori della caduta, i quali per la maggior parte erano contadini, poterono far conoscere quanto vi ebbe di più rilevante in questo fatto.

Il fenomeno avvenne nel Circondario di Casale, e propriamente tra i due villaggi di Villanova e Motta dei Conti, le cui posizioni geografiche sono le seguenti:

(1) Una relazione molto ampia dei citati Professori intorno al fenomeno di cui qui è parola, venne pubblicata nel Bullettino Meteorologico dell' Osservatorio di Moncalieri.

Villanova { Longitudine: 0° 47′ 30″ est da Torino
Latitudine: 45° 10′ 40″

Motta dei Conti { Longitudine: 0° 50′ est da Torino
Latidudine: 45° 11′ 20″

Questi due villaggi si trovano al nord-nord-est di Casale, la cui posizione geografica si è:

Longitudine: 0° 45′ 5″ est da Torino.
Latitudine: 45° 9′

Nel giorno 29 Febbraio 1868 tra le 10^h 30^m e le 10^h 45^m (tempo medio locale), mentre il cielo era ingombro qua e là da nuvole sparse, in diverse località del Circondario di Casale fu sentita una forte detonazione simile alla scarica di un pezzo di artiglieria di grosso calibro, od allo scoppio di forte mina. A questa prima detonazione, dopo un intervallo non maggiore di due secondi, tenne dietro un'altra risultante da due distinte detonazioni; le quali si seguirono in modo, che la seconda sembrava una continuazione della prima, ovvero che alla prima si sovrapponesse. Questa seconda detonazione fu nel primo suo periodo meno forte della prima; ma nel secondo periodo si rinforzò e divenne ancora più intensa della precedente. L'ultima detonazione fu seguita da un rumore prolungato, formato come da una serie di scariche successive e meno intense, le quali si potevano assomigliare ad un lontano fuoco di moschetteria, ovvero al crepitare di legna non secca che abbruci. La durata di quest'ultimo rumore non oltrepassò i 10 secondi.

I descritti scoppi o detonazioni furono sentiti a grande distanza, fino ad Alessandria che dista da Villanova di circa 32 chilometri.

Mentre duravano ancora le detonazioni, fu vista, a distanza considerevole dal suolo, come una massa, di forma irregolare e circondata da un'atmosfera di fumo; essa si poteva rassomigliare ad una piccola nube, e lasciava dietro di sè una lunga stricia di fumo. Altri videro distintamente, e pure a grande altezza, non una, ma parecchie macchie simili a

piccole nubi, le quali in breve sparirono. La direzione generale di siffatte meteore era da nord-ovest a sud-est.

Pochi istanti dopo le detonazioni, alcuni villici che si trovavano nei campi per attendere ai lavori agricoli, videro e sentirono diverse masse cadere qua e là precipitosamente, producendo un sordo e cupo fragore allorchè incontravano il suolo. Tutti i testimoni interrogati convennero nell'affermare che il numero di coteste masse fu considerevole, e dovettero dar luogo ad una vera pioggia meteorica formata di frammenti aerolitici di ogni dimensione. Ed alcuni contadini che erano intenti al taglio di un bosco collocato a 1200^m da Villanova, sullo stradale che da Casale conduce a Vercelli, qualche istante dopo videro cadere come una pioggia di minuta arena; ed il cappello di uno fra essi fu colpito da un frammento abbastanza sensibile di materia.

Sebbene s'indicassero molti luoghi, nei quali si dicevano cadute delle pietre meteoriche; tuttavia non se ne trovarono che poche, non ostante le più minute e scrupolose indagini. Ciò probabilmente derivò, sia dall'essere i frammenti troppo piccoli, sia dal perchè, essendo questi penetrati nel suolo per la violenza della caduta, la pioggia avvenuta nel pomeriggio dello stesso giorno 29 Febbrajo e nella notte del primo Marzo, le ha forse portate via, ovvero ne ha cancellate le tracce.

I pezzi rinvenuti furono i seguenti:

a) Cadde in un campo a grano al sud-est di Villanova, ed a 600 metri da questo paese. Esso penetrò nel suolo, di consistenza argillosa e poco duro, di circa 0^m,40, nella direzione dal nord al sud, e con inclinazione poco considerevole all'orizzonte. Il suo peso è di 1920 gr.

b) Cadde al nord di Villanova nel centro di un campo anche seminato a grano, ad una distanza dal precedente di 2350 metri. Esso penetrò nel suolo, non molto duro, ad una profondità di 0^m,37; nella direzione da nord-ovest a sud-est, molto inclinata all'orizzonte. Il suo peso è di 6311 gr.

c) Cadde a Motta dei Conti innanzi ad una osteria ad una distanza dal primo di 3150 metri, e dal secondo di 3240 metri. Percuotendo sul selciato, si divise in un gran numero

di frammenti molto piccoli, di cui il più grande pesava circa 11 grammi. La violenza dell'urto fu tale, che il ciottolo su cui l'aerolito venne ad infrangersi, penetrò più addentro nel suolo di circa mezzo centimetro. La direzione, secondo cui si sparpagliarono dopo l'urto i frammenti di questo terzo meteorite, fu complessivamente da ovest-nord-ovest ad est-sud-est. La trajettoria del medesimo doveva essere molto più inclinata sull'orizzonte di quella del primo meteorite; perchè innanzi di giungere sul selciato, traversò, senza toccarlo, un fabbricato alto circa 7 metri.

Del secondo meteorite si potè assegnare con approssimazione la trajettoria, giacchè si conoscevano tre punti della medesima collocati nel medesimo piano verticale.

Questi punti erano: 1.° La cima di un albero presso cui il meteorite passó quasi radendolo. — 2.° Il punto di rottura di un ramo di un albero di noce, che il meteorite infranse nel suo passaggio. — 3.° Il punto di penetrazione nel suolo.

La tangente condotta alla trajettoria suddetta dal punto di penetrazione nel suolo, risulta inclinata di 16° all'orizzonte.

Quanto ai caratteri fisici e chimici, i meteoriti di Casale non offrono alcun che di singolare. Sono ricoperti della solita vernice bruna, sottile, dura, e la frattura è irregolare e scabra. La massa interna offre un po' l'aspetto della trachite: è porosa ed impregnata di gas; è molto friabile e formata da un gran numero di granuli molto male conglutinati tra loro. Trovandosi in essi del ferro metallico, appartengono ai *sideriti;* e dall'analisi chimica istituito sui medesimi risulta che possono mettersi tra i non *alluminosi*, e che la loro struttura litologica è prevalentemente dovuta ai silicati di magnesia e di ossido di ferro; per cui sono da rinviarsi al gruppo dei *pirosseni*, o dei *peridoti*.

Una sola cosa merita speciale attenzione; e si è che i meteoriti caduti a Motta dei Conti offrono un aspetto diverso da quelli caduti a Villanova, almeno per quanto si può inferire dai frammenti che si poterono esaminare. Difatti i primi sono più ricchi di laminette metalliche, ed hanno una tinta più chiara, una grana ed una tessitura più fina. Sono

più metallici dei secondi, ed hanno un peso specifico un poco più considerevole; giacchè pei meteoriti di Motta dei Conti questo peso fu trovato di 3,76, mentre per quelli di Villanova fu trovato di 3,29.

La durezza della crosta è presso a poco uguale in ambedue (tra il 5° e 6° termine della scala di Mohs); ma la massa è nei primi molto più friabile che nei secondi.

Dei meteoriti di Motta de' Conti non si potè fare che la sola analisi qualitativa, attesa la piccola quantità (1gr. 2) che dei medesimi si possedeva. Invece di quelli di Villanova si fece l'analisi tanto qualitativa che quantitativa.

I meteoriti di Motta de' Conti contengono: « zolfo, silice, acido fosforico, rame, ferro metallico, ferro allo stato « di ossido magnetico, nichelio, manganese, cromo combinato « col ferro, allumina (tracce), magnesia, alcali ».

I meteoriti di Villanova contengono:

« Cloro, zolfo, silice, acido fosforico, ferro metallico, ferro allo stato di ossido, nichelio, manganese, rame (tracce), « cromo, calce, magnesia, allumina, soda, potassa. »

Per ciò che riguarda l'analisi quantitativa di questi ultimi, essa fu eseguita dal Prof. Dottor Bertolio, il quale trovò che la materia secca a 100°, se si portà a 120° perde 0.15 per cento del proprio peso. L'analisi si riferisce al minerale essiccato a 120°.

Ecco i risultati ottenuti dall'analisi suddetta.

Solubilità nell'acqua per cento 0,174

Trattamento coll' acido cloridrico.

Materia insolubile		39,41
Materia solubile	48,44	60,59
Silice isolata	12,15	
	Totale	100,00

Parte solubile nell'acido cloridrico	
SiO^3	12,150
S	0,503
PhO^5	0,597
Cl	0,105
Fe	20,700
FeO	7,452
NiO	3,680
MgO	13,230
KO e NaO	1,600
Cu e Al^2O^3	tracce
Perdite	0,573
Totale	60,590

Parte insolubile nell'acido cloridrico trattato col fluoruro di ammonio	
SiO^3 e tracce di Mn	27,511
FeO	4,782
NiO	1,691
Cr^2O^3	0,036
CaO	0,378
MgO	1,546
Al^2O^3	0,415
KO	0.097
NaO	2,454
Totale	39,410

Questi risultati fanno vedere, che la composizione chimica dei meteoriti testè caduti a Casale non è molto diversa da quella dei meteoriti che caddero nelle altre due pioggie avvenute in questo stesso secolo nella regione medesima; una cioè il 17 Luglio 1840 a Cereseto tra Casale e Moncalvo, l'altra il 2 Febbraio 1860 a S. Giuliano Vecchio presso Alessandria.

Io non voglio entrare qui in nessuna ipotesi; tuttavia non credo fuori di proposito l'accennare che tutte le descritte circostanze si possono spiegare in due modi.

1.° Ammettendo che tutte le pietre meteoriche cadute formassero da principio una sola massa; e che questa nell' atto della prima detonazione siasi divisa in più masse minori, alcune delle quali alla lor volta si siano suddivise in frammenti piccolissimi ed assai numerosi, dando luogo alle altre detonazioni ed alle successive crepitazioni.

2.° Supponendo che i suddetti meteoriti fossero fin da principio realmente distinti tra loro; e formassero come una nube, come un sistema di pietre meteoriche, qualcuna delle quali sia poi esplosa a poca distanza dal suolo, dividendosi in più parti, anch' esse scoppiate alcuni istanti dopo.— Non sarebbe questa la prima volta in cui un gruppo di meteoriti viene a cadere sul suolo. Così per tacere altri casi, le

due celebri pioggie meteoriche del 1803 e del 1866, avvenute, la prima a l'Aigle (Orne) in Francia, e la seconda a Knyahinya nel Comitato di Unghvar in Ungheria, ne danno una eloquente conferma.

La circostanza che induce maggiormente ad ammettere questa seconda ipotesi si è, che i due meteoriti di peso maggiore *a* e *b* sono *interamente* ricoperti della solita crosta o vernice, che è assai dura ed insolubile al cannello , e non offrono tracce sensibili di frattura. Ora è difficile l' immaginare che questa vernice si sia formata dall'ossidazione della superficie aerolitica al contatto dell'ossigeno atmosferico, in un intervallo di tempo così breve, quale si è quello che trascorse tra lo scoppio e la caduta dei meteoriti; intervallo, che, secondo le osservazioni ed i calcoli fatti, non dovette oltrepassare i 7 od 8 secondi.

Vi sarebbe anche la differenza nei caratteri fisici e chimici tra i meteoriti di Villanova e quelli di Motta dei Conti, che indurrebbe ad ammettere la seconda ipotesi. Ma questo non mi sembra un argomento di grande valore, perchè la materia aerolitica essendo piuttosto un' agglomerazione qualsiasi, anzichè un vero composto chimico, non arreca maraviglia che alcune parti di una massa meteorica presentino proprietà fisico-chimiche alquanto diverse da quelle di altre parti; come talvolta si è realmente osservato in uno stesso pezzo di pietra meteorica.

Del resto fa d' uopo pur confessare, che noi siamo ben lontani dal conoscere pienamente il modo con cui si formano le masse aerolitiche, e le vicende a cui queste vanno soggette prima di arrivare a noi.

Terminerò intanto questa qualsiasi relazione col ricordare che la pioggia di pietra, di cui ho finora tenuto parola, non fu un fenomeno isolato. Difatti:

I. Nello stesso giorno 29 Febbraio si attendeva il ritorno di una pioggia secondaria di stelle cadenti ; la quale dovea essere osservata in diverse stazioni del Piemonte, ma non si potè, per causa del cattivo tempo.

II. In Alessandria, secondo la testimonianza del Canonico Cav. Pietro Parnisetti , direttore dell' Osservatorio me-

teorologico di quella Città, si vide da molti, verso le 11 $^3/_4$ ant. dello stesso 29 Febbraio, una meteora risplendentissima e molto bassa con strascico di fuoco, la quale traversò la volta celeste dal sud al nord, passando sotto le nuvole.

III. Nel giorno medesimo, presso a poco alla stessa ora in cui avvenne la pioggia meteorica a Villanova, fu visto a S. Stefano d'Aveto nel Circondario di Chiavari, un altro considerevole globo di fuoco, il quale sembrava provenisse da sud-ovest, e si avanzasse rapidamente a terra.

IV. Nello stesso giorno, tra le $11^h 15^m$ e le $11^h 30^m$ ant., un'altra piccola massa non molto alta fu vista tra Ozzano e S. Giorgio (Circondario di Casale) muoversi rapidamente in cielo da sud-ovest a nord-est, lasciando dietro a sè una lunga striscia di fumo.

V. Alle 11 ant. del giorno medesimo, presso Casteggio (Circondario di Voghera), nella località chiamata Travaglino, si vide a ciel sereno e a non grande altezza, una massa muoversi rapidamente da nord-est a sud-ovest, lasciando dietro a sè delle *macchie nere come fumo*. Si sentirono due forti detonazioni seguite da un rimbombo prolungatissimo, a cui tenne dietro una leggera scossa. E vi fu un contadino, il quale asserì di aver vista una massa cadere dietro ad un burrone; ma nulla fu trovato.

Tutti gli esposti fatti addimostrano chiaramente che il fenomeno descritto si estese su di una vasta estensione di terreno, e che le pietre meteoriche, i bolidi e le stelle cadenti sono fatti tra loro intimamente collegati. Essi non sono che manifestazioni di una sola e medesima causa, vale a dire della materia cosmica che si aggira negli spazii celesti: di quella stessa materia, che diede già origine alla immensa varietà di corpi che sono disseminati nel firmamento.

Dall' Osservatorio di Moncalieri
27 Luglio 1868.

SPERIMENTI E CONSIDERAZIONI SU ALCUNI PUNTI DI ELETTROCHIMICA; NOTA DEL PROF. GIOVANNI CANTONI.

Sono già molti anni che il Du Bois-Reymond chiamava l' attenzione dei fisici su di un fenomeno in apparenza curioso, che egli intitolò d' un nome misterioso, il quale forse contribuì alla buona fortuna toccata a quel suo trovato. Convien dire che i fisici alemanni, ancor quando ostentano di professare le dottrine più strettamente sperimentali, si lasciano facilmente trascinare a certe vedute metafisiche, che sono nell' indole caratteristica dell' ingegno germanico. Ecco il fatto qual fu primamente osservato. Un lungo cordone nervoso posa in parte sui cuscinetti umidi terminali d' un galvanometro a filo lunghissimo, per modo che uno di questi sia toccato da una sezione trasversale, e l' altro da alcuni punti della esterna superficie cilindrica del cordone stesso. È noto che di tal maniera il galvanometro rivela una corrente, la quale procede dalla sezione trasversale all' esterna superficie, ed è denominata corrente propria del nervo. Ora se un altro tratto dello stesso nervo poserà su due elettrodi in platino d' un elettro-motore voltiano, e se la corrente di questo procederà nel nervo nel senso stesso della corrente nervosa, colla chiusura di tal circuito il galvanometro accennerà un incremento nell' intensità della corrente propria: che se

invece la corrente artifiziale procederà in contrario verso, si rivelerà uno svigorimento della corrente propria. Codesta modificazione provocata nella corrente nervosa da un'estranea corrente circolante anche in lontani punti, venne chiamata dal Du Bois-Reymond *stato elettro-tonico* del nervo.

Ora è facile vedere che i predetti due fatti si possono riassumere col dire, che la corrente artifiziale provoca non solo nel tratto da essa compreso, ma ancora in tutta la lunghezza del nervo, una corrente derivata e nello stesso senso. Fu poi osservato che siffatta manifestazione d'una corrente non cessava ancorchè il nervo venisse tagliato trasversalmente, purchè si riaccostassero per bene le due sezioni, e subiva invece un notevole affievolimento, oppur anco mancava stringendo fortemente con un filo una delle sezioni del nervo. Si osservò pure che siffatta corrente meglio riusciva nei grossi nervi dei mammiferi e degli uccelli che in quelli delle rane, i quali ultimi si mostrano più squisiti nel manifestare la corrente propria fisiologica, e che nei primi quella si produceva ancor quando la eccitabilità loro era cessata, dopo alcun tempo che furono tolti dall'animale. Dapprima si pensò che codesto fatto si verificasse solo colla polpa nervosa; ma poi si riconobbe potersi averlo anche con altri tessuti organici.

Il Matteucci vi fece da tempo qualche studio, e trovò fenomeni che gli fecero sospettare essere questo dell'elettrotono uno dei fenomeni d'ordine generale, ossia strettamente fisico, e non d'indole fisiologica. E qui si rileva l'indole più positiva degli sperimentatori italiani. Fatto è che recentemente lo stesso Matteucci osservò potersi avere apparenze simili a quelle dell'elettro-tono, usando invece d'un nervo un lungo filo di platino, di mezzana grossezza, ravvolto e coperto in tutta la sua superficie da un filo di cotone o di lino, inzuppato d'una soluzione di solfato zincico. Anzi osservò che con questo filo potevasi provocare la corrente fra i capi del galvanometro, pur tenendo a molta distanza gli elettrodi della corrente voltaica. Con ciò veniva dimostrata la natura strettamente fisica del fenomeno. Però il Matteucci per ottenere questo fenomeno si giovava di una corrente

voltiana data da più d'una coppia alla Daniell, e quindi abbastanza gagliarda. Ed attribuisce poi la corrente svelata cosi nel tratto del filo intercetto fra i capi del galvanometro ad una derivazione di correnti superficiali che lunghesso tal filo sieno provocate dalla corrente voltiana, la quale passa per altri due lontani punti della superficie del filo stesso.

Ora, ritentando queste prove con uno squisito galvanometro di Rumkorff, mi occorse di rilevare che il fenomeno potevasi produrre con maggiore semplicità, usando, in luogo di un efficace elettro-motore, solo un archetto bimetallico, formato da due brevi fili di rame e di zinco, simile a quello che usarono Galvani e Volta per eccitare forti contrazioni nella rana. Verificai dapprima ciò che dice il Matteucci, essere concorde, cioè, nel medesimo senso rispetto alla lunghezza del filo, la corrente provocata agli estremi del galvanometro e quella data dall'arco elettro-motore; essere perciò indifferente l'applicare quest'arco piuttosto ad uno che all'altro dei due lati del filo sporgente dal tratto compreso nell'arco galvanometrico, e diminuire l'intensità della corrente galvanometrica coll'aumentare della distanza dei punti toccati dell'arco eccitatore dai punti predetti. E trovai pure che lo stesso fenomeno si ottiene adoperando, invece del filo di platino, fili di rame, di ottone, di zinco e di ferro, purchè fossero similmente avviluppati dal cotone, bagnato anche con semplice acqua distillata. Anzi trovai altresì che gli stessi fatti, sebbene con minore intensità, si verificano adoperando un filo di zinco amalgamato, similmente investito dal conduttore umido; quantunque il Matteucci dichiari che in tal caso la corrente di elettro-tono manca interamente, pur collocando la corrente voltiana a piccolissima distanza dall'arco galvanometrico. Col predetto arco bimetallico, applicato anche alla distanza di oltre un centimetro, si aveva una corrente al galvanometro, e questa risultava poi assai distinta se l'arco era posto alla distanza appena di qualche millimetro da uno dei capi del filo roometrico. Questa generalità del fenomeno, anche con diversi metalli, mi fece sospettare che esso dovesse verificarsi altresì, quantunque con ben minore intensità, usando semplicemente

un conduttore umido di qualche lunghezza, come sarebbe una lista di flanella ripiegata a più doppi, è per bene inzuppata d'acqua: e così mi venne dato di verificare in molte prove.

Dissi più sopra che il fenomeno della corrente di elettro-tono verificasi, benchè in tenue grado, anche nei conduttori umidi, senza intervento d'alcun filo metallico. Ma nel ripetere queste prove mi si offrirono alcuni casi, che dapprima mi apparvero in opposizione agli altri fatti, e che perciò mettevano in dubbio l'applicazione che di questi ultimi volevasi fare ai fenomeni dell'elettro-tono nei tronchi nervosi. Osservai che, posando sui cuscinetti umidi sia una verghetta di legno rivestita da cotone bagnato, sia una lista di flanella a più doppi, sia ancora un fascio di fili di cotone similmente bagnati, quando si applicavano gli estremi dell'archetto bimetallico in due punti presi nella faccia superiore del conduttore umido, e tal poco lontani da quegli altri che toccavano i cuscinetti umidi del galvanometro, si aveva in questo tratto una corrente di verso contrario a quella che l'elettro-motore determinava nell'altro tratto del conduttore. Provai allora un cordone nervoso ed un pezzo di muscolo fibroso, ed, operando nello stesso modo, ottenni ancora una corrente di verso contrario. Ma poichè le esperienze descritte da Du Bois-Reymond e da Matteucci darebbero invece concorde il verso della corrente indotta colla induttrice, pensai che la differenza de' risultati provenisse solo da ciò, che essi ponevano anche gli elettrodi dell' elettro-motore applicati al tronco nervoso a contatto della faccia inferiore di questo, essendo pure inferiore il contatto coi cuscinetti del galvanometro. Infatti, adoperandoli in quest'altro modo, sia coi conduttori umidi succitati, sia con tronchi di nervo o di muscolo, mi risultò nello stesso senso la direzione della corrente derivata in riguardo alla primitiva. Anzi col tronco nervoso rilevai che per avere concorde il verso delle due correnti, basta porre uno degli elettrodi a contatto della faccia inferiore e l'altro nel centro d'una sua sezione trasversale, oppur anche uno a contatto della faccia inferiore e l'altro della superiore: però in quest'ultimo caso non era

così sicuro il risultato, avendosi talora opposizione nella corrente.

Così mi persuasi che se si ha inversione coi conduttori umidi quando si applicano gli elettrodi in una parte superiore ed i cuscinetti in una parte inferiore, ciò proviene solo da che nella grossezza del conduttore imperfetto si determineranno correnti derivate dalla faccia superiore alla inferiore nei punti sottostanti agli elettrodi, tra i quali perciò, a compiere la circolazione, la corrente sarà di verso contrario alla superiore, e quindi nell' altro tratto della faccia inferiore, ove sono i cuscinetti, la corrente indotta sarà concorde con quest' ultima. Quando invece il conduttore umido tiene nel suo interno un conduttore metallico questo determina l' uniformità nel verso delle correnti superficiali, o piuttosto nella polarizzazioue di tutto il sistema. E così ho riconosciuto che pei fili metallici, anco ravvolti da grosso strato di cotone ó da flanella a più doppi, la corrente indotta era sempre concorde tanto se i capi dell' elettromotore toccassero due punti della superficie superiore, oppure due punti della superficie inferiore, quanto se toccassero l' uno un punto superiore e l' altro uno inferiore.

Ma ancor più degni di nota mi sembrano i seguenti risultati, avuti riprendendo in attento esame i particolari dei fenomeni osservati da Matteucci con fili metallici ravvolti da un conduttore umido. Poichè codesti risultati non sarebbero favorevoli all' opinione per cui la *corrente,* chiamata di *elettro-tono* e che io dirò *indotta*, vuolsi attribuire ad una polarizzazione elettrolitica del liquido a contatto del filo metallico, e quindi ad una di quelle *correnti* che il Ritter chiamò *secondarie.*

a) La corrente indotta nel circuito galvanometrico ottiensi non solo con fili di platino e di rame poco ossidabili e meglio appropriati per la polarizzazione elettrolitica, ma pur anco con fili ossidabili di zinco, di ferro, di acciaio e di ottone, ed anzi con questi riesce molto più intensa (1).

(1) I metalli ossidabili e poco conduttori danno correnti indotte più vigorose dei non ossidabili sol quando la corrente induttrice venga appli-

b) La detta corrente indotta si ottiene, benchè meno sentita, anche con fili di zinco per bene amalgamati e bagnati da solfato di zinco, i quali, secondo Regnault e Matteucci, punto non si prestano alla polarizzazione elettrolitica, e quindi alle correnti secondarie (1).

c) Quando si apre il circuito della corrente voltiana, od induttrice, l'ago galvanometrico si riconduce prestamente allo zero, con brevi oscillazioni. Laddove la corrente secondaria prodotta da elettrodi in platino pel passaggio d'una corrente voltiana, e che si manifesta col cessare di questa, decresce lentamente d'intensità, e dura un tempo abbastanza lungo.

d) Adoperando un dato metallo condnttore, una data corrente induttrice, ed uno stesso galvanometro il cui filo sia diviso in quattro porzioni, e ripetendo le prove ora con un filo solo, ed ora con tutti e quattro formanti un solo circuito, la corrente indotta riesce sempre di maggiore intensità col primo modo che non sia col secondo. Se la corrente indotta fosse dovuta ad un'azione chimica, qual'è la polarizzazione elettrolitica, essa dovrebbe all'opposto risultare assai più distinta col filo lungo che non col filo corto (2).

cata a poca distanza dal tratto compreso nell'arco galvanometrico. Poichè, aumentaudo tal distanza, i metalli poco conduttivi presentano un sì rapido decremento nell'intensità della corrente indotta, che, a qualche distanza, essa risulta più sentita ancora nei non ossidabili e conduttori che non negli ossidabili. Così verificai specialmente coll'argento, ed anche col rame, che, molto lungi dalla corrente voltiana, offrono correnti indotte più sensibili di quelle date dall'ottone e dal ferro. Ed anche la corrente contraria, data all'apertura del circuito, riesce più spiccata coi metalli meglio conduttori: coll'argento essa è, proporzionatamente, maggiore che cogli altri metalli.

(1) Il filo di zinco bene amalgamato funziona come un metallo poco ossidabile ed insieme poco conduttivo; epperò, col discostarsi dalla corrente induttrice, la corrente indotta diminuisce tanto rapidamente d'intensità, da risultare appena appena sensibile a quattro centimetri di distanza; laddove ad un centimetro essa appare poco minore che collo zinco non amalgamato. Quest'ultimo però, come molto ossidabile ed abbastanza buon conduttore, offre intense correnti indotte anche a notevole distanze.

(2) Promovendo la corrente secondaria in due elettrodi di platino

e) Data essendo l'intensità della corrente induttrice la corrente indotta risulta tanto più sentita quant' è più lungo il tratto del filo metallico rivestito che vien compreso fra i due elettrodi della corrente induttrice, pur tenuta costante la distanza di uno di questi dal più vicino cuscinetto umido del galvanometro.. Ma allungando di tal modo il circuito della corrente voltiana, anzichè aumentare, dovrebbe piuttosto scemare d'intensità ogni corrente secondaria da questa promossa (1).

Questi risultati, e segnatamente l'ultimo, mi traggono a credere che la corrente indotta di tal modo nel circuito galvanometrico riveli una temporanea polarizzazione od orientazione molecolare, che si provocherebbe e si manterrebbe in tutta la lunghezza dei fili metallici e del loro inviluppo umido quando e finchè un tratto di essi entri a far parte di un circuito voltiano. Da qui poi la manifestazione di una corrente contraria, ma di brevissima durata (come appunto sono le correnti indotte), e da qui pure il pronto ritorno dell'ago galvanometrico allo zero. E ben si potrebbe dire altresì che la stessa corrente avuta nel galvanometro col chiudere il circuito voltiano lungi da esso meriti nome di corrente indotta, perciocchè s' è visto poc' anzi che essa appa-

mercè la corrente data in due bicchierini da un semplice archetto di due fili di rame e zinco, essa durò sensibile non pochi minuti, adoperando il ripetuto galvanometro di Rumkorff. Anzi, impiegandolo con tutti quattro i fili, questa corrente risultava e più rilevante e più duratura che con un solo filo. Ad esempio, coi quattro fili, dopo 5' che fu tolta la corrente primaria, la secondaria, inversa, dava ancora una deviazione di 24°, mentre con un filo, dopo 3' riusciva appena di 14°. Invece, sostituendo ai detti elettrodi in platino, quelli di zinco amalgamato immersi in una soluzione di solfato zincico, coi quali vennero eseguite tutte l'altre esperienze qui descritte, non ottenni alcuna sensibile corrente secondaria, tanto usando il semplice arco bimetallico, quanto un' efficace coppia elettromotrice a produrre la corrente induttrice.

(1) Ebbi pure un sensibile incremento nella corrente indotta, aumentando, a pari condizioni nel resto, la distanza tra i due cuscinetti del galvanometro, e quindi la lunghezza del tratto di filo compreso nel circuito indotto.

risce più distinta se il galvanometro è usato col filo corto (1); è per ciò che essa dà un arco impulsivo (prima escursione dell' ago), proporzionatamente grande rispetto alla deviazione cui riducesi di poi.

A meglio chiarire le cose esposte valgano i seguenti estratti di alcune delle molte serie di esperimenti che istituii con fili di diversi metalli, avvolti però tutti da una stessa guaina di lana a tre doppi, e tutti similmente disposti sui cuscinetti umidi del galvanometro, ed applicandovi pur similmente gli elettrodi di una coppia voltiana a forza costante. Si registrava dapprima l' arco impulsivo descritto dall' ago all' atto in cui si chiudeva il circuito induttore, poi la deviazione cui si fissava l' ago poco dopo, stando chiuso il circuito, ed infine l' arco descritto dall' ago, in verso contrario, all' atto in cui s' apriva il circuito stesso.

(1) Queste correnti indotte di chiusura e di apertura mi riuscirono sensibili anche con uno di que' galvanometri a filo corto e grosso che si usano per le correnti termo-elettriche.

FILO metallico interno	CHIUSURA arco impulsivo	CHIUSURA deviazione ridotta	APERTURA arco impulsivo	OSSERVAZIONI
Zinco . .	90°	58	— 84°	Col galvanometro a filo corto.
Ferro . .	85	55	— 65	
Acciaio .	85	55	— 57	
Ottone .	62	30	— 44	
Rame . .	56	30	— 42	
Platino .	35	28	— 19	
Zinco . .	85	50	— 75	Col galvanometro a filo lungo.
Ferro . .	50	35	— 42	
Acciaio .	60	44	— 41	
Ottone .	34	25	— 32	
Rame . .	30	21	— 25	
Platino .	22	19	— 14	
Zinco . .	90	70	— 86	Col galvanometro a filo lungo, ma cogli elettrodi un po'meno discosti che nelle due serie precedenti.
Ferro . .	90	63	— 90	
Acciaio .	62	35	— 39	
Ottone. .	48	31	— 50	
Rame . .	32	24	— 38	
Platino .	17	11	— 14	

SUL BAROMETRO A DUE LIQUIDI; CONSIDERAZIONI DEL PROF. G. PISATI.

La pubblicazione del *barometro campione moltiplicatore* del Dott. Vecchi nel *Nuovo Cimento*, fascicolo del p. p. Gennaio, è preceduta da una Nota del Dott. Marangoni, la quale, pur esprimendo cose della cui verità io non dubito punto, viene a scemare il merito di priorità al mio barometro (1), e non gli riconosce que' pochi pregi che a me sembrano degni di qualche considerazione. Per siffatti motivi, e più perchè penso che da questa discussione verrà facilmente dimostrato potersi ottenere (purchè si voglia prendere il buono ove si trova) un utile strumento, io pubblico ora alcuni schiarimenti sul mio barometro ed alcuni confronti tra il medesimo e quello del Dott. Vecchi.

1. Verso la metà del 1866 esposi nelle lezioni agli alunni di questo Liceo il principio del barometro a due liquidi, qual è rappresentato nella figura 1. della mia Nota; se non che le due canne comunicavano mediante un tubo di gomma elastica, e nell' aperta si poteva versare dell' acqua da una bottiglia ed estrarne per mezzo di un tubetto munito di chiave e derivante dalla canna medesima un po' al di sopra

(1) Descritto nel *Nuovo Cimento*, fasc. di Novembre e Dicembre 1867.

della superficie di separazione dei due liquidi. Trovato il principio e verificatolo alla meglio, mi restava di perfezionare lo strumento, e tutte le difficoltà che a ciò incontrai senza dubbio sarebbero presto svanite se fossi stato in una città più propizia a questo genere di costruzioni, o piuttosto se le condizioni economiche di questo Gabinetto fisico, cui per altro ad onore di questo illustre Municipio e del chiarissimo Direttore Cav. L. Zazzini devo dichiarare ben fornito pei bisogni del Liceo, fossero state meno sfavorevoli. Per esser breve dirò solo che avendo introdotto nella camera barometrica una punta di platino comunicante all' esterno con un polo d' un elettromotore voltiano, ed alla quale volevo ridurre in ogni osservazione la superficie libera del mercurio, quante volte mi provai a far bollire questo liquido sempre la canna mi si spezzò là dov' era attraversata dal filo metallico; perocchè è ben vero che vetro e platino hanno quasi eguali i coefficienti di dilatazione, ma quest' ultimo corpo è molto miglior conduttore ed ha una caloricità specifica ben minore di quella del primo: una volta sola scaldando a poco a poco e colla massima diligenza vi riuscii ma impiegandovi un tempo troppo lungo. Nel seguito esaminando più attentamente del solito la formula di correzione per la temperatura nell' intendimento di renderla un po' semplice, con piacere m' avvidi che collocando la punta di platino alla superficie di separazione dei due liquidi, potevo ad un tempo ridurre la correzione per la temperatura alla sola colonna d' acqua, ed eliminare la prima difficoltà: allora, e fu nel Luglio 1867, affidai la costruzione dello strumento al bravo meccanico A. Baldantonj, che poco dopo me ne offrì un modello in legno e ferro utile a meglio verificare il principio ma inservibile ad una serie di buone osservazioni; e verso la metà del successivo Settembre mandai la mia Nota all' illustre Prof. Cantoni, il quale con distinta cortesia volle interessarsi della sua pubblicazione, rendendomi prima edotto e giustamente consigliandomi ad accennare in essa che già Huyghens aveva fatto uno strumento somigliante. — Tutto questo dichiaro affinchè non si pensi da alcuno ch' io abbia per avventura avuto cognizione del barometro del Dott. Vec-

chi prima che fosse pubblicato, com'io non ho dubbio di sorta ch' egli possa aver saputo la benchè menoma cosa del mio.

2. Non è poi a tutto vantaggio di quello del Vecchi se i due barometri identici nel principio diversifichino assai nei dettagli. Ed invero:

a) Nel barometro Vecchi riducendosi sempre a livello costante la superficie libera superiore del mercurio, le correzioni relative alla temperatura di questo liquido, sebbene in parte compensate per mezzo degli allargamenti della canna là dove trovansi le superficie terminali del medesimo, richieggono l'uso d'un'apposita tavola: nel mio invece dovendo ridurre sempre allo stesso livello la superficie di separazione dei due liquidi è facile eliminare totalmente quella correzione. Infatti prima di costruire lo strumento si determini il peso p d'una colonna di mercurio alta circa 800 millimetri contenuta nella canna barometrica, e preparisi il tubo ad U in modo che il peso del mercurio contenutovi fino al piano orizzontale passante per la punta di platino, sia press'a poco $p : 5,7$ e che a questo piano venga a trovarsi l'orifizio della canna chiusa quando sarà formato il barometro; indi senza più curarsi di questi pesi si costruisca lo strumento ed alla fine si aggiunga o si tolga mercurio nel tubo aperto fino a che la costante C sia di circa 800 millimetri. Queste operazioni, potendosi misurare le altezze anche colla sola approssimazione di $1/2$ centimetro ed i pesi con quella di $1/2$ grammo, sembranmi molto più semplici e suscettibili di maggiore esattezza di quelle necessarie ad eliminare una sola parte di simile correzione nel barometro Vecchi. Oltracciò siccome d'ordinario gli strumenti fisici si costruiscono lungi dagli occhi di chi ha il massimo interesse a che riescano ben fatti, così è necessario ch'essi siano facilmente suscettibili di verificazione e di rettificazione: e tale appunto è il mio in ciò che riguarda l'influenza della temperatura variabile del mercurio. Ed invero, un giorno in cui deboli siano le variazioni barometriche, circondata la canna chiusa ed il tubo da U fino alla punta di platino con un tubo di latta e misurata la pressione atmosferica, si faccia passare per esso tubo una corrente d'acqua a temperatura di circa 35° o 40° supe-

riore a quella dell' ambiente, e dopo 5 minuti o poco più, cioè quando il mercurio avrà press'a poco quell'elevata temperatura, si determini una seconda volta il valore della pressione: se le due misure così ottenute saranno eguali, il barometro è ben fatto; se invece la seconda sarà minore o maggiore della prima, bisognerà rettificarlo togliendo od aggiungendo mercurio, oppure elevando od abbassando la punta di platino. Or bene simile rettificazione è tanto facile nel barometro Vecchi?

b) Questo barometro richiede altresì un molto accurato osservatore per giudicare quando il mercurio sia giunto a toccare la punta fissa, e senza dubbio è un po' difficile non commettere un errore di circa $^1/_{10}$ di millimetro; il che toglie parte della sensibilità dello strumento: invece nel mio è sempre un circuito elettrico chiudentesi ed operante su un ago calamitato quello che avvisa il meno esperto osservatore essere giunto il mercurio al livello fisso.

A mio parere sono queste le principali differenze tra i due barometri; perocchè quella degli stantuffi è di poca o nessuna importanza, ed il bel pregio del barometro Vecchi di avere il fondo dell' allargamento inferiore d' ottone amalgamato per impedire assolutamente il passaggio dell' acqua, oltrechè non sia forse un trovato tutto nuovo, vale solo quando si voglia fare uno strumento trasportabile e parmi presenti il pericolo della facile rottura di quel pezzo d' ottone: però riconosco un siffatto pregio e penso valermene ed ovviare all' inconveniente avvertito, introducendo nel braccio destro del tubo ad U del mio barometro un tubetto d'ottone amalgamato. Del resto siccome al mio strumento non toccò fino ad ora la bella sorte di essere costruito, così non posso dire dei non pochi ed importanti miglioramenti che forse, come accadde a quello del Vecchi, gli verrebbero arrecati: ad esempio se si volessero evitare congiunzioni o se nella pratica la formazione del tubo ad U in ferro presentasse troppe difficoltà, non si potrebbe forse curvare la canna chiusa di vetro a guisa degli odinarii barometri a sifone, senza perdere pur una delle proprietà dello strumento?

3. Anche le molte avvertenze date dal Vecchi se sono ve-

ramente utili ed importanti pel *barometro campione moltiplicatore*, sono quasi affatto superflue pel *barometro a due liquidi;* il quale ha la sola pretesa di essere un po' più sensibile dell'ordinario alla Fortin, di richiedere per la temperatura e la capillarità correzioni *trascurabili nella maggior parte de' casi* e di poter essere adoperato anche da un osservatore poco esperto. Già ho dimostrato come non abbia influenza di sorta sulle indicazioni del mio barometro la temperatura variabile del mercurio: ora aggiungo che posto esattamente eguale a 13,6 il rapporto tra la densità del mercurio a 0° e quella dell' acqua a θ^{0} tenendo conto dell' influenza della scala d' ottone dilatantesi di sotto in su, dalla equazione:

$$d\,(1 + \delta\,.\,\theta) = \frac{13{,}59593}{13{,}6}$$

si avrebbe $\theta = 12^{0}.5$; cioè a questa temperatura, abbastanza vicina alla media ordinaria, anche la correzione per la dilatazione dell' acqua sarebbe nulla, e ad un' altra temperatura t sarebbe appena sensibile, come lo mostra la

$$H_t\,\frac{d_t\,(1 + \delta\,.\,t)}{d(1 + \delta\,.\,12{,}5)} = H\,,$$

nella quale d e d_t sono le densità dell' acqua a 12°.5 ed a t°, δ è il coefficiente della dilatazione lineare della scala, H_t l' altezza osservata della colonna d' acqua divisa per 13,6, ed H l' altezza cui bisogna ridurre H_t affinchè la densità del mercurio a 0° sia esattamente 13,6 volte quella dell' acqua a 12°.5 tenuto sempre conto della dilatazione della scala.

Infine se le pressioni atmosferiche esercitantisi sul livello variabile della superficie libera dell' acqua si ridurranno non al piano di separazione dei due liquidi, ma a quello tangente la superficie libera della colonna d' acqua quando il barometro segna una determinata pressione prossima alla media locale, le corrèzioni a ciò necessarie (anche trascurata l' influenza dell' umidità atmosferica) saranno nella maggior parte dei casi trascurabili perchè sempre minori di $0^{mm},04$.

Infatti supposta la costante del barometro eguale a 790 millimetri, e la pressione media locale di 760 millimetri, per ridurre al piano della superficie libera della colonna d' acqua corrispondente a questa pressione, la pressione osservata $P = 760 \mp h$, bisogna apportarle la correzione:

$$\frac{\pm h\,(760 \mp h)}{773,4\,(1 + 0,00366\,.\,t)\,760},$$

nella quale h ha per massimo valore 30 millimetri. Componendo poi questa correzione con quella relativa alla temperatura dell' acqua, si può formare una tavola semplicissima e d' un uso così facile ch' io non voglio omettere di trascriverla quì: con essa si potranno fare le correzioni a meno di $^1/_{100}$ di millimetro, anche quando la temperatura dell' acqua venga data da un termometro poco sensibile e poco pronto.

TAVOLA delle correzioni totali da farsi alle altezze osservate della colonna d'acqua.

GRADI del termometro centesimale	ALTEZZE OSSERVATE						
	0mm	10	20	30	40	50	60
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0°	0,04	0,03	0,02	0,00	—0,01	—0,02	—0,03
1	4	3	2	1	0	1	2
5	4	3	2	1	0	1	1
8	4	3	2	1	0	1	2
11	4	3	2	0	—0,01	2	3
12	4	3	1	0	1	2	3
13	4	2	1	0	1	3	4
14	4	2	1	0	2	3	4
15	4	2	1	—0,01	2	4	5
16	4	2	0	1	3	4	6
17	4	2	0	2	3	5	7
18	4	2	0	2	4	6	8
19	4	2	0	3	5	7	9
20	4	1	—0,01	3	6	8	10
21	4	1	1	4	6	9	11
22	4	1	2	4	7	10	12
23	4	1	2	5	8	11	14
24	4	0	3	6	9	12	15
25	4	0	3	6	10	13	17
26	4	0	4	7	11	14	18
27	4	0	4	8	12	15	19
28	4	0	5	9	13	17	21
29	4	—0,01	5	10	14	18	22
30	0,04	—0,01	—0,06	—0,10	—0,15	—0,20	—0,24

4. Non voglio tacere che sarà bene graduare la scala dall'alto al basso, cioè incominciando a segnare all'alto della canna aperta il valore della minima pressione, che sarebbe indicata dallo strumento quando l'acqua giungesse fin là, e poi segnare venendo in giù le pressioni mano mano maggiori: così dalla ispezione della scala si avrebbe direttamente il valore della pressione atmosferica, cioè la sottrazione dell'altezza della colonna d'acqua dalla costante dello strumento, necessaria quando la scala procedesse di sotto in su, sarebbe evitata. Però sarà meglio determinare prima quale liquido sia più vantaggioso in vece dell'acqua, la quale opportunissima per tutte le altre proprietà è poco adatta pel suo congelarsi a 0°: ma su ciò, come già avvertii nella mia Nota, mi riservo di dire in altra occasione.

Ancona 21 Marzo 1868.

NOTA ALL' ARTICOLO DEL PROF. *PISATI*.

Nel raccomandare alla direzione del *Nuovo Cimento* la pubblicazione delle premesse considerazioni del Prof. G. Pisati, già mio assistente, mi permetto di osservare che, infatti, sino dal 16 Settembre 1867 egli mi trasmetteva un suo manoscritto, nel quale ei descriveva un barometro a due liquidi, che io trovai ingegnoso ed opportuno. Ma da che questo barometro presentava qualche analogia con quello di Ugenio, consigliai il Prof. Pisati a farne menzione: e così venne ritardata la pubblicazione di quello scritto.

Con ciò io non intendo portare giudizio men favorevole su l' altro barometro del Dott. Vecchi; attendendo da ulteriori studi, e più dalle risultanze di osservazioni, fatte con codesti stromenti e continuate per alcun tempo, un più sicuro fondamento di giudizio.

Pavia 30 Marzo 1868.

Prof. GIO. CANTONI.

ESPERIENZE SOPRA L' ELETTROTONO CHE SI SVILUPPA NEI FILI DI ZINCO AMALGAMATO, E PLATINO FODERATI CON UNO STRATO UNIFORME DI FILO DI COTONE O DI LINO IMBEVUTO DI LIQUIDO; DEL DOTT. ECCHER ASSISTENTE DELLA CATTEDRA DI FISICA NEL MUSEO (1).

Si usò in tutte queste esperienze un galvanometro di Ruhmkorff a 32000 giri. I due cuscinetti in contatto col galvanometro non davano fra di loro nemmeno 1° di corrente. Gli altri due cuscinetti che servivano come elettrodi di una pila di 10 elementi zinco amalgamato — carbone immersi nell'acqua salata, davano appena 1° di corrente fra di loro.

Si adoperarono 5 diversi fili, di zinco amalgamato, che chiameremo con numeri progressivi dall' 1-5

Filo N.° 1. Filo di zinco grosso $0{,}8^{mm}$ amalgamato rivestito con filo di cotone.

(1) Le esperienze descritte nella presente memoria furono eseguite in seguito alla memoria sull' elettro-tono stampata dal sig. Prof. Cantoni nei *Resoconti* dell' Istituto lombardo; dietro desiderio dell' illustre Matteucci di cui tutti ora sinceramente ne piangiamo la perdita prematura. Come riassunto delle esperienze eseguite consegnai la memoria qui stampata all' illustre fisico, nell' idea che al solito volesse servirsene per dare alle stampe egli stesso qualche lavoro in proposito; invece si compiacque spedirla intatta alla Direzione del *Nuovo Cimento*. Ricevutene le bozze di stampa non fui in tempo per variare e completare la presente memoria, e quindi lasciai che si stampasse come era. Credetti però mio dovere accennarne l' origine, e spero ciò servirà pure di scusa per la sua cattiva esposizione e le sue mancanze.

Filo N.° 2. La stessa qualità di filo di zinco, ma amalgamato con ogni accuratezza, e rivestito al solito di cotone.

Filo N.° 3. Filo di zinco grosso 0, 5^{mm} amalgamato, e rivestito di cotone.

Filo N.° 4. Un filo eguale di zinco amalgamato con ogni accuratezza, e rivestito al solito di cotone.

Filo N.° 5. La stessa qualità di filo di zinco; ma amalgamato tanto che il suo diametro s' era ridotto a 0, 34^{mm}, rivestito al solito di cotone.

Facendo passare attraverso un tratto del filo di zinco, che in tutti i casi era lungo 2^{cm} compreso fra i due cuscinetti che communicavano colla pila, la corrente elettrica per breve o lungo spazio di tempo, e collocando gli altri due cuscinetti che communicavano col galvanometro, ad una distanza fra loro di 1,5^{cm} (*Tav I. fig.* 1); se uno di essi era distante dal prossimo cuscinetto della pila di oltre 2^{cm} non si aveva mai corrente di elettrotono. Per distanze minori si aveva una corrente che cresceva d' intensità diminuendo le distanze fra gli accennati cuscinetti; ma era tanto meno intensa quanto meglio lo zinco era amalgamato. L' ago in tutti i casi in cui deviava, si fissava poi segnando un numero di gradi minore della metà della prima deviazione. Interrompendo la corrente dopo un tempo più o meno lungo l' ago ritornava dopo pochi istanti più, o meno lentamente a zero°; senza deviare mai nel quadrante opposto, ad eccezione di pochissimi casi, ed anche in questi solo per effetto d' inerzia. Invertendo anche la posizione dei poli della pila facendo quindi in modo che l' elettrotono si formasse al di là del polo positivo, ovvero del negativo, non si aveva mai, che interrompendo la corrente l'ago passasse nel quadrante opposto.

Lunghezza del tratto di filo che separava uno dei cuscinetti del galvanometro e l'altro cuscinello che serviva da polo positivo o negativo della pila.

Zinco	20mm	15mm	10mm	5mm		3mm		1mm	
N.°	Dev. Impulsiva	Impulsiva	Impulsiva	Impulsiva	Fissa	Impulsiva	Fissa	Impulsiva	Fissa
1	1°	2,7°	5°	14°	6°	22°	16°	80°	22°
2	0	0	0	2	1	7	3	37	9
3	0	0,8	2	5	1	15	9	52	15
4	0	0	0	0	0	2	1	5	2
5	0	0	0	0	0	0	0	3	1,5

Adoperando invéce della pila coi cuscinetti un semplice arco metallico zinco non amalgamato e rame, di cui le estremità che si mettevano in contatto col filo di zinco amalgamato, e rivestito, ed imbevuto al solito di solfato di zinco; distavano 2^{cm} (e diminuendo questa distanza diminuiva anche la deviazione che s' otteneva) si ottenne.

Lunghezza del tratto di filo interposto fra uno dei cuscinetti del galvanometro, e lo zinco od il rame dell' arco metallico.

Zinco	20mm	15mm	10mm	5mm		3mm		1mm	
N.°	Dev. Impulsiva	Impulsiva	Impulsiva	Impulsiva	Fissa	Impulsiva	Fissa	Impulsiva	Fissa
1	7°	21°	40°	71°	27°	90°	30°	90°	35°
2	1	12	27	48	17	60	23	83	30
3	5	19	30	56	21	85	38	90	32
4	1	8	21	30	6	43	11	56	17
5	0	2	3,5	7	1	10	2,7	15	5

Adoperando un arco zinco bene amalgamato, e platino ben ripulito, si ottenne:

Lunghezza del tratto di filo interposto fra il cuscinetto del galvanometro ed il platino o lo zinco.

Zinco	20mm	13mm	10mm	5mm		3mm		1mm	
N.°	Dev. Impulsiva	Impulsiva	Impulsiva	Impulsiva	Fissa	Impulsiva	Fissa	Impulsiva	Fissa
1	1°	3°	7°	14°	7°	29°	15°	90°	25°
2	0	1	1	3	1	7	3	30	10
3	0	1	3	7	2	19	8	48	14
4	0	0	1	2	0,5	5	1	11	4
5	0	0	0	0	0	0	0	6	2

Interrompendo il circuito della corrente ottenuta non colla pila a 10 elementi, ma con uno degli accennati archi metallici, s'ottiene molte volte, che l'ago devii nel quadrante opposto per ritornare generalmente ben presto a zero°; e questa deviazione nel quadrante opposto riesce tanto maggiore quanto men bene è amalgamato lo zinco; ed adoperando specialmente l'arco zinco-rame.

Arco — Zinco non amalgamato — Rame.

L' elettrotono si formava indifferentemente tanto al di là del polo positivo, che negativo, senza presentare notevoli differenze; e così pure, interrompendo il circuito dopo che l'ago era fisso; per il che passava un tempo più o meno lungo nei differenti casi, ma in genere circa 2 minuti; l'ago deviava nel quadrante opposto ritornando poi sempre presto a zero° sia che l'elettrotono si fosse formato al di là del polo positivo, o negativo.

Lunghezza del tratto di filo che separava uno dei cuscinetti del galvanometro dal metallo zinco, o rame che formava parte dell' arco metallico.

Zinco	10mm			5mm			3mm			1mm		
	QUADRANTE			QUADRANTE			QUADRANTE			QUADRANTE		
N.°	I.	II.		I.	II.		I.	II.		I.	II.	
	Fissa	Impulsiva	Fissa	Fissa	Impulsiva	Fissa	Fissa	Impulsiva	Fissa	Fissa	Impulsiva	Fissa
1	8	5°	0	20°	9°	6°	29°	11°	8°	25°	14°	9°
2	5	4	0	11	5	1	21	7	3	16	11	5
3	6	5	0	15	7	1	27	9	7	18	13	9
4	3	2	0	5	4	0	9	4	0	8	7	3
5	0,5	0	0	1	0	0	3	1	6	5	2	0,5

Arco zinco bene amalgamato e platino ben ripulito.

Lunghezza del tratto di filo interposto fra uno dei cuscinetti del galvanometro e lo zinco amalgamato od il platino dell' arco metallico che serviva da pila.

Zinco N.°	10mm			5mm			3mm			1mm		
	QUADRANTE			QUADRANTE			QUADRANTE			QUADRANTE		
	I.	II.		I.	II.		I.	II.		I.	II.	
	Fissa	Impulsiva	Fissa	Fissa	Impulsiva	Fissa	Fissa	Impulsiva	Fissa	Fissa	Impulsiva	Fissa
1	2°	0°	0°	6°	2°	0°	16°	5°	2°	14°	11°	5°
2	0	0	0	1	0	0	4	2	1	6	5	3
3	1	0	0	3	1	0	8	5	3	7	7	4
4	0	0	0	1	0	0	3	2	0	4	1	0
5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0

Merita particolare attenzione il fatto, che lasciando chiuso a lungo il circuito sia della pila di 10 elementi; ma specialmente dell' arco zinco-rame, e con minore intensità anche zinco amalgamato-platino; la deviazione fissa va continuamente diminuendo, e l' ago si riduce fino a zero indipendentemente se l' elettro-tono si forma al di là del polo positivo o negativo, almeno una differenza sicura non fu osservata. Anzi, se il circuito della corrente resta chiuso a lungo; e la distanza fra uno degli elettrodi del galvanometro ed uno degli elettrodi della pila è piccola; per es. 1mm l' ago continua lentamente a discendere, e durante il tempo in cui è ancor chiusa la corrente passa nel quadrante opposto; interrotto poi il circuito devia ancor più nello stesso quadrante, conservando qualche volta una deviazione fissa di qualche grado che dura per parecchi minuti.

Il passaggio della corrente durò nel maggior numero dei casi oltre i 5 minuti.
Pila di 10 elementi.

Zinco N.°	5mm				3mm				1mm			
	CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE I. Deviazione fissa		CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II. Deviazione		CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE I. Deviazione fissa		CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II. Deviazione		CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE I. Deviazione fissa		CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II. Deviazione	
	prima	ultima	impulsiva	fissa	prima	ultima	impulsiva	fissa	prima	ultima	impulsiva	fissa
1	7°				18°	16°			20°	—1°	6°	3°
2	1				3				10	4	3	1
3	2				6	5			14	0	5	2
5	0				0				2		1	

Arco zinco non amalgamato — Rame.

Zinco	5mm					3mm					1mm				
	CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE			CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II.		CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE			CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II.		CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE			CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II.	
	I. Deviazione fissa		II.	Deviazione		I. Deviazione fissa		II.	Deviazione		I. Deviazione fissa		II.	Deviazione	
N.°	prima	ultima		impulsiva	fissa	prima	ultima		impulsiva	fissa	prima	ultima		impulsiva	fissa
1	22°	18°		10°	4°	28°	5°		14°	9°	26°		6°	21°	11°
2	16	15		7	2	19	7		12	5	19		4	17	9
3	18	15		9	3	25	5		14	8	23		7	25	12
5	1	1		0	0	2	1		1	0	6			3	0

Arco zinco bene amalgamato — Platino.

Zinco	5mm					3mm					1mm				
	CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE			CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II.		CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE			CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II.		CIRCUITO CHIUSO — QUADRANTE			CIRCUITO APERTO — QUADRANTE II.	
	I. Deviazione fissa		II.	Deviazione		I. Deviazione fissa		II.	Deviazione		I. Deviazione fissa		II.	Deviazione	
N.°	prima	ultima		impulsiva	fissa	prima	ultima		impulsiva	fissa	prima	ultima		impulsiva	fissa
1	7°	4°		2°	0°	15°	2°		6°	2°	16°		1°	13°	7°
2	2	1		1	0	5	3		2	1	7	0		11	3
3	0	0				1	0		0,5	0	3	1		2	0

Adoperando invece un filo di platino lungo un metro e grosso un millimetro, ed un altro filo di platino lungo un metro e grosso 0,3mm rivestiti pure di cotone, ed imbevuti della solita soluzione di solfato di zinco: si ottiene con entrambi un elettrotono che perfino alla distanza fra uno dei cuscinetti del galvanometro da uno dei cuscinetti della pila di 90cm è ancora tanto intenso da dare una deviazione impulsiva di 40°, e fissa di 23°.

Se si chiude il circuito della pila per una piccolissima frazione di minuto secondo, e la distanza fra i due cuscinetti accennati è almeno di qualche centimetro, l'ago del galvanometro incomincia a deviare dopo già aperto il circuito; devia di qualche grado, per es, ad una distanza dei cuscinetti di 50cm devia di 18° e poi ritorna a zero; ad una distanza di 85cm devia di 13° e poi ritorna a zero. Anche qui la lunghezza del filo di platino che comunica coi cuscinetti della solita pila di 10 elementi, è sempre di 2cm. Se si prolunga il passaggio della corrente, l'ago incomincia a deviare, ed interrompendo subito il passaggio della corrente, continua a deviare; per es. nei due casi accennati di 28° nel primo, e 21° nel secondo; e quindi ritorna a 0°. Prolungando il passaggio della corrente, l'ago compie già entro il primo minuto secondo la sua massima deviazione; ed interrompendo il circuito della corrente ritorna a zero. Lo stesso succede adoperando invece della pila di 10 elementi coi cuscinetti, i due soliti archi zinco-rame; e zinco amalgamato-platino.

In nissun caso però l'ago dopo essersi fissato continua lentamente a discendere; che anzi in qualche caso aumenta piuttosto la deviazione; e mai poi: interrotto il circuito; l'ago passa nel quadrante opposto, se il passaggio della corrente durò breve tempo.

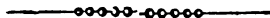
Collocando anche uno dei cuscinetti del galvanometro a meno di 1mm di distanza da uno dei cuscinetti della pila, l'elettrotono che si forma con grande intensità, si mantiene costante, e l'ago non discende mai nemmeno a zero; molto meno poi a deviare nel quadrante opposto: finchè rimane chiuso il circuito della corrente.

Se il passaggio della corrente dura qualche minuto, e spe-

cialmente se la corrente è abbastanza intensa, secondo che l'elettrotono si forma al di là del polo positivo o negativo; succede; che interrompendo il circuito della corrente, l'ago devii nel quadrante opposto. In fatto ciò accade tutte le volte che l'elettrotono si forma al di là del polo negativo.

Filo di platino lungo 1^m grosso 1^{mm}. Deviazione prima 70°, fissa 35°. La deviazione fissa però andò lentamente crescendo; dopo 5 minuti era giunta a 40°; dopo altri 8 minuti a 47°. Interrotto il circuito della corrente l'ago lentamente incominciò a discendere. Dopo 2 minuti era giunto a 0°. Dopo un altro minuto segnava 10° nel quadrante opposto. Dopo un altro minuto segnava 16°, dove segnando circa 17° restò fisso per lungo tempo.

In questo caso, come si vede dalla figura 2, l'elettrotono si era formato dalla parte del polo *negativo*. Invertendo l'ordine dei poli della pila s'ottenne; dopo aver ben depolarizzato il filo di platino lavandolo nell'acqua bollente, e ricollocandolo quindi allo stesso posto di prima.

Deviazione prima 55°, fissa 33°. Dopo 15 minuti interrotto il circuito della corrente, l'ago rimase fisso per lungo tempo a 33°.

INTORNO ALLA GENESI DELLE FORME ORGANICHE IRREGOLARI NEGLI UCCELLI E NE' BATRACHIDI; RICERCHE DI LUIGI LOMBARDINI.

Pochi anni addietro studiando negli animali vertebrati i fenomeni embriogenici, mi prese desiderio di ricercare per via di esperimenti, se le irregolarità organiche che in quella occasione avevo osservate, si possono veramente promuovere con mezzi artificiali. Di modo che debbasi tener certo, le mostruosità semplici conseguitare non di rado a mutamenti sopravvenuti nelle condizioni esterne dello sviluppo. Io non ignorava che valenti fisiologi avevano in quel tratto volto l' animo al medesimo soggetto, (già da un pezzo quasi generalmente dimenticato) e vi lavoravano attorno con molto ardore. Ma tale circostanza non mi distolse dal porvi mano alla mia volta, comecchè nulla più mi premesse di quanto poteva sodisfare la mia curiosità. Da un' altra parte io era convinto, che i problemi concernenti la genesi dei vizi di forma, siano molti e complessi più che non sembrino a prima giunta. Sicchè non abbiavi speranza di venirne a capo, tranne analizzandoli in tutti i loro aspetti con grandissima cura. A ciò valere soprattutto gli esperimenti; purchè numerosi e svariati quanto richiede l' argomento cui attengono.

Ed invero, non sarebbe difficile provare che la poca saldezza di tutte le teoriche recate in mezzo fin ora, per rendere

più agevole la interpretazione di quei vizi, e le dispute talvolta calorose a cui le teoriche stesse hanno pòrto alimento, procedono da quest' ultima cagione; cioè che esse furono desunte da troppo scarse e mal ferme nozioni, così rispetto all' intricato lavorìo organogenico, come ai cangiamenti che esso può subìre per effetto d' insolite azioni esterne, o interne. Se ogni dubbiezza, intorno ai processi teratogenici, sarà infine dissipata, e quanto cammino ci resti da percorrere per arrivarvi, niuno potrebbe oggi affermare. Ad ogni modo spero non debba parere superfluo, che io abbia principiato le mie indagini dall' esame delle condizioni fisiche a cui obbediscono gli organi embrionali, nella loro respettiva formazione; e dei movimenti che essi possono compiere dentro all' uovo, per causa delle condizioni medesime.

Questa particolare ricerca, volta dapprima al solo intento di procacciarmi gli elementi necessari per definire certe anomalìe di positura mi ha giovato eziandio a precisare dal difuori il luogo che occupa ciascun organo embrionale; e così essere sicuro, introducendo un ago, per esempio, attraverso la crosta dell' uovo, di ferire quella parte che innanzi mi era proposto offendere con tale strumento.

Io non ho tralasciato alcun mezzo che mi sembrasse valevole a disturbare il processo embriogenico. Ma tra tutti meglio appropriata ad eccitare parziali disordini del lavorìo formativo, m' è parsa la elettricità; perocchè ella può essere adoperata in ogni periodo della incubazioue, vuoi naturale, vuoi artificiale. La sola difficoltà da vincere, giovandosi di cosiffatto agente, era di regolarne la intensità e la durata per modo, che lo sviluppo rimanesse offeso senza arrestarsi.

Come io abbia proceduto per conseguire questo intento, dirò a suo luogo. Frattanto debbo aggiungere, che per non esser costretto a ripetere troppo frequentemente cose già note, tralascerò di descrivere quasi tutti gli esperimenti che io ho fatti coi metodi proposti da Stefano Geoffroy Saint-Hilaire; e solo mi varrò dei loro risultati, onde porli a riscontro colle deduzioni che altri hanno tratte da esperimenti consimili. Acciò sia palese il concetto che sin da principio mi ha servito di scorta, ho diviso questa memoria in due parti. Nella prima esa-

mino le principali opinioni concernenti la genesi delle *mostruosità semplici*, e le prove che a quelle servono di fondamento. Nella seconda parte espongo i risultamenti generali delle mie ricerche, con quel medesimo ordine tenuto nell' eseguirle.

Abbenchè io abbia fatti molti tentativi sulle uova di varie classi d' animali, mi sono limitato a dichiarare le cose osservate negli uccelli e nei batrachidi, serbando ad altro tempo la narrazione di ciò che ho potuto scorgere in altri esseri; nei quali cotal genere di studi riesce assai malagevole. Finalmente, perchè ciascuno possa misurare da sè il valore dei fatti narrati, ho posto in fine una serie di disegni, ove sono raffigurate le principali anomalìe formatesi nei miei esperimenti. Tali disegni sono stati eseguiti sopra preparazioni fresche, molte delle quali conservo tuttavia in alcool, nel Gabinetto Zootomico affidato alla mia cura.

PARTE PRIMA

I

Principali teoriche risguardanti la origine dei vizi di formazione.

Una completa dichiarazione delle teoriche concernenti la genesi delle anomalìe organiche, sarebbe qui senza utilità, e sto per dire, fuori di luogo. Onde mi limito ad esporre in succinto quelle soltanto, che hanno maggiore attenenza col fine cui è principalmente volto questo lavoro.

(A) Teoria Patologica.

(1711) Morgagni, Haller, Santorini e Vallisnieri, già primi additarono lo studio anatomico dei mostri, come quello d'onde si poteva trarre il criterio che ne scortasse alla ricerca delle cagioni valevoli a produrli. Le forme anormali che maggiormente stimolassero la curiosità d' ogni cultore di cose naturali, erano quelle della testa ; come dire l' idrocefalia congenita,

l' anencefalia ec. Morgagni sopra tutti considerò tali forme, quali malattie dell' embrione. L' idrocefalo, gli parve come la condizione morbosa primitiva; d' onde provenivano, vuoi il discioglimento più o meno completo della materia cerebrale; vuoi la deformazione e l' atrofia delle ossa del cranio e della spina. Il liquore idrocefalico rimaneva talora chiuso in un molle sacco formato in massima parte dal pericranio; tal altra sgorgava fuori, per effetto della lacerazione di questo, seco traendo le parti distaccate o scomposte della massa encefalica.

(B) Teoria Embriologica.

(1812) Federigo Meckel e (1821) Stefano Geoffroy Saint-Hilaire, per contrario, rapportarono tutte le deformità congenite dell' encefalo ad *arresto o ritardo* nello sviluppo di questo organo.

Lo studio dei fenomeni che avvengono nell' uovo degli uccelli, durante la incubazione, avea già reso manifesto, comporsi l' animale e giungere a perfezione, a forza di progressive metamorfosi muoventisi dall' elemento organogenico primordiale (disco germinativo, membrana germinativa) . I tratti più notevoli ed appariscenti di cotali metamorfosi, furono quindi agguagliati ai gradi di organizzazione permanente, onde si giovavano gli zoologi, per dare a tutto il regno animale una ordinata spartizione. Questo concetto generale dello sviluppo organico, parve allora guida meglio acconcia, che l' anatomia patologica non porgesse, per interpretare le irregolarità dell' encefalo, come di qualunque altra parte del corpo.

Il lavorìo formato dell' uovo fecondato, in quanto si effettua col soccorso di molteplici condizioni, per loro natura assai variabili, come il calore, la umidità, l' assorbimento dell' aria atmosferica ec. tale lavorìo dico, deve facilmente andar soggetto a disviamenti di varia maniera. Ora, questi disviamenti nei loro più semplici gradi, non possono essere riconosciuti durante il periodo embrionale; e compongono allora quella categoria d' impercettibili modificazioni, in cui

Meckel ripose la origine della *varietà regolare* (1). Ma qualche volta addivengono intensi per modo, che il lavorìo embriogenico ne rimane profondamente alterato. Se tale alterazione è generale, l'embrione muore ; se parziale, ei può conservarsi in vita per buon tratto dello sviluppo. Però in questo ultimo caso, avviene sovente, che alcuni organi non arrivino ad acquistare la struttura e la forma propria del tipo specifico, cui l'animale appartiene; che val quanto dire, saranno mostruosi. Per tal modo la mostruosità, qualunque fosse la classe animale ov'ell'era osservata, si considerava sempre quale immagine di un tipo organico inferiore o più semplice. Tali furono suppergiù i principii d'onde mossero quei due celebri naturalisti, per abbattere la teoria di Morgagni, e porre in luogo di questa, la loro; cioè la teoria dell'*arresto o rallentamento di sviluppo*.

Ma se la dottrina patologica delle mostruosità, aveva il difetto di essere fondata sopra una condizione organica, di cui non era bene definita la natura, non vuolsi tacere però, che anche la teorica dell'*arresto di sviluppo*, male si accomodava ad alcuna di quelle forme irregolari della testa, cui sin dal principio si volle applicata. Ed in vero, se l'arrestarsi dell'accrescimento di un organo, o il procedere di quello con soverchia lentezza, rispetto agli organi circostanti, vuolsi risguardare quale occasione dell'ingenerarsi di molte anomalìe; non si può negare frattanto, che buona parte di queste forme, prorompono direttamente da peculiari alterazioni del lavorìo nutritivo; le quali alterazioni, non vogliono esser confuse col semplice *arresto di sviluppo* che ne è spesso la naturale conseguenza.

Io spero poter mostrare in seguito, che certe anomalìe dell'encefalo, tenute in conto di semplici effetti del rallentato o sospeso sviluppo, hanno un'origine molto diversa. Lo stesso Geoffroy Saint-Hilaire si avvide ben presto, quanto fosse difficile impresa coordinare tutte le anomalìe, senza dipartirsi dal concetto embriologico espresso di sopra. Parlando di un mostro anencefalo complicato da estroversione dei

(1) Meckel, *Anatomie Comparée*, T. I. pag. 422 e 514.

visceri del tronco (celosamia) e' si esprime così: « poichè gli è necessario che ad un periodo fetale, i visceri del torace occupino tutta la parte anteriore del *soggetto*, non havvi difficoltà di concepire, che un' affezione patologica potrebbe dare occasione all' aderenza di questi visceri colle membrane del corion (1) ».

Isidoro Geoffroy non si discosta gran tratto dall' opinione di suo padre, rispetto a questo punto; dacchè pur egli, concedendo che l' idrocefalo possa esercitare qualche azione nella genesi delle mostruosità *Pseudencefaliche*, stima se ne possa ugualmente comprendere la maniera del nascimento, ammettendo la persistenza di uno stato anteriore del cervello (2).

Frattanto, laddove nell' idrocefalia congenita, tutte le parti dell' encefalo sono formate, e soltanto il cervello è trasmutato in una grande sacca, di pareti assai grosse, nessun carattere ci è pôrto, che si addica ad un antecedente periodo embrionale. Perciò due ipotesi sono possibili. Se l' idropisia ebbe origine dopo che l' encefalo si era formato, i cangiamenti subìti da questo, e dalle parti che lo racchiudono, vogliono essere rapportati all' azione meccanica esercitata dal liquido, che si è raccolto in quantità soverchia nei ventricoli del cervello, e quindi ad uno stato patologico, sopraggiunto allo sviluppo. Per contrario, se l' idrocefalo procede da un vizio anteriore alla formazione dell' encefalo e del cranio, siamo obbligati ad ammettere, che tal vizio, quantunque non bastevole ad impedire assolutamente lo sviluppo dell' organo, abbia perdurato tutta la vita fetale; perocchè in altra guisa non si potrebbe render conto dell' enorme volume che acquista la testa.

Nell' uno dei casi, come nell' altro, le imperfezioni degli organi, sono il prodotto di una condizione patologica, che ha contrariato il processo vegetativo; e nell' altro. Quindi, il carattere essenziale della mostruosità, risiede in questa condizione patologica, e non già nel disordine dello sviluppo che

(1) *Philosophie Anat.* T. II. p. 216.
(2) *Histoires des anomalies.* T. III. p. 366 e seg.

ne è succeduto. Todd (1) tra i molti fatti che attestano la possibilità delle deformazioni encefaliche per causa d' idropisìa, cita un embrione figurato da Schroeder Van der Kolk ; nel quale embrione, la sommità della testa (distesa dall' idrope) pareva come cangrenata e vicina a rompersi. Lo stesso Todd, osservò in altro feto, una consimile alterazione, e per giunta una fessura. Questo fisiologo crede che nelle più gravi mostruosità encefaliche, v' abbia molta probabilità che una vescicola cerebrale siasi rotta nel primo periodo di formazione dell' encefalo.

(C) Teoria Meccanica.

Origine delle mostruosità per estroversione dei visceri.

Tuttochè Stefano Geoffroy ammettesse la condizione anatomica, in cui riponeva la mostruosità, potere essere promossa per virtù di molteplici indirette cagioni, stimò non pertanto quelle d' ordine meccanico occorrere più frequentemente, nelle anomalìe *unitarie.*

La quale opinione, si raffermò maggiormente nel suo spirito, allorchè ei discoprì nei mostri per estroversione dei visceri, (iperencefali, gelosomi ec.) quei morbosi aderimenti designati da lui col nome di *briglie placentaris;* le quali *briglie,* risguardò come la causa immediata di siffatte *anomalìe.* Laonde, in un luogo della sua filosofia anatomica così scrive: « dopo che la mia attenzione si è volta a questa circostanza (la esistenza di *briglie* tra il feto e le sue membrane) io non trovo più mostruosità, la quale non mi lasci scorgere alla superficie del corpo, qualche traccia di antiche aderenze (2) ».

Fu allora che lo stesso Geoffroy, concepì il pensiero di eseguire una serie di esperimenti, volti a procacciare le anomalìe con mezzi artificiali.

Infatti ei sottopose all' incubazione molte uova di gallina ; in alcuna delle quali era diminuita la permeabilità, cuo-

(1) *Cyclopaedia of Anatomy and Physiology Art. Teratology*, p. 957.
(2) Pag. 533.

prendone in parte la crosta calcare con una membrana o con cera: ad altre accresciutala, togliendo porzione di questa crosta o assottigliandola con un acido: finalmente mantenendo altre uova immobili, in direzione verticale rispetto al loro maggiore asse; ora volte con la estremità ottusa in alto, ora in basso (1). Non riuscendo con siffatti mezzi ad ottenere forme irregolari com' egli aveva sperato, ma per lo più un generale disordine dello sviluppo, stimò in ulteriori cimenti dover procedere per guisa, che ne succedesse diretta offesa degli organi embrionali. Per il che, praticò lo scuotimento delle uova dal sesto all' ottavo giorno della incubazione; la perforazione del guscio con aghi metallici ec. In tutte le citate esperienze, non ebbevi però che un solo caso assai dubbio di vera mostruosità.

Pochi anni più tardi, Isidoro Geoffroy Saint-Hilaire, continuò gli esperimenti di suo padre, ma senza ottenere risultati più sodisfacenti.

II.

Esperimenti di Boudrimont e Martin Saint-Ange.

(1845) In una eccellente memoria, sulla *Evoluzione embrionale degli uccelli* e dei *batrachidi*, che meritò il gran premio di scienze fisiche, per l' anno 1844, proposto in Francia dall' Accademia delle Scienze (2), Boudrimont e Martin Saint-Ange riferiscono tra gli altri, alcuni esperimenti, i quali abbenchè fatti con intendimento differente da quello che informa il presente lavoro, vi si possono non pertanto rapportare molto acconciamente. Essi hanno dimostrato 1.° che l'aria atmosferica, in contatto con le uova incubate, perde una porzione del suo ossigeno. 2.° Che durante questa funzione, esala

(1) *Mémoires du Museum.* T. XIII. (1826). *Philos. Anat.* T. II. p. 511-513.

(2) *Recherches Anat. et Physiol. sur le dévéloppement du Phoetus.* Par MM. A. I. Boudrimont et Martin Saint-Ange. *Mémoires de l'Acad. des Sciences.* T. XI. 1851.

dalla superficie delle uova una quantità di gas acido carbonico, di gas azoto, e di acqua. La incubazione operata nell' ossigeno puro, non porse loro resultati differenti da quelli ottenuti nell' aria atmosferica. Ma gli embrioni formatisi in questa condizione, erano più rossi del consueto: l' allantoide aveva uno spessore di oltre un millimetro: il liquido amniotico aveva il colore di ciliegia, e conteneva alcuni globuli sanguigni rossi: l' albume in qualche parte era solidificato (1).

La incubazione nel gas idrogeno, diè risultati alquanto diversi dai precedenti; perchè aprendo la uova dal lato della *Camera ad aria*, (piccolo scompartimento dell' uovo) si scorgeva l' embrione assai pallido; in parte riassorbito e coperto da una membrana indeterminabile. Non vi aveva nessuna traccia di vasi, nè d' allantoide (2).

Nelle uova già regolarmente incubate per lo spazio di 14 giorni, e poi collocate nel gas acido carbonico, si trovò dopo qualche tempo l' allantoide cospersa di ecchimosi; il sangue vermiglio (3).

Misurando la capacità delle *Camere ad aria*, in undici uova non covate, i citati Autori hanno veduto che esse contenevano sette centimetri cubi di gas.

In altre nove uova, le dette *Camere* contevevano sette centimetri cubi di gas $^1/_4$. in queste condizioni il gas offriva poche tracce di acido carbonico, e fino a 0,21 di ossigeno (4). Tre uova non incubate racchiudevano nella loro camera $5^{cc},5$ di gas in cui l' ossigeno era nella proporzione di 0,1957. Un uovo verso il 12.° giorno della incubazione in $6^{cc},8$ di gas rinchiuso nella *Camera ad aria*, conteneva 0,1979 d'ossigeno.

Volendo accertare, se l' ossigeno giunge alle parti interne dell' uovo per la sola *Camera*, ossivvero attraverso l' intiera superficie di questo, i citati sperimentatori resero alcune uova impermeabili in un tratto del guscio, col mezzo

(1) Memoria cit. pag. 631

(2) Memoria cit. pag. 632.

(3) In tutti questi esperimenti, l' apparecchio conteneva un po'd'aria atmosferica.

(4) Pag. 638.

della gomma elastica e della vernice. Un uovo fu tutto ricoperto con quest' ultima materia. Tre soltanto dal lato della *Camera ad aria* e tre dal lato opposto. Sette giorni dopo, l' uovo completamente impermeabile conteneva un embrione morto già da più giorni. Le tre uova in cui la sola parete esterna della *Camera* era coperta di vernice, offrivano tutte le medesime condizioni generali, cioè; albume esterno fluido e alquanto opaco; albume interno limpido e molto compatto. In uno di questi si trovò un informe embrione, nel quale era appena palese un rudimento del peduncolo allantoideo. Nelle ultime tre, in cui la *Camera ad aria* era libera, lo sviluppo fu regolare.

Due uova coperte di vernice nella metà parallela al loro grande asse, furono messe in incubazione, colla parte non verniciata rivolta in alto. Altre due ugualmente apparecchiate, si posero colla parte non verniciata rivolta in basso. Nove giorni più tardi, le prime offrivano appena qualche indizio di sviluppo. In uno dei due ultimi, lo sviluppo aveva continuato fino al settimo giorno; l' amnios era disteso da un liquido giallo-rossastro; il tuorlo mostravasi avvolto dai vasi sanguigni, in un terzo soltanto della sua superficie; l' allantoide non era discernibile. Nell' altro, l' embrione era vivente e bene sviluppato; solo l' allantoide si era dispiegata dal lato rimasto accessibile all' aria atmosferica. « *Ella era nettamente circoscritta dalla vernice che ricuopriva il guscio* ».

Facendo incubare alcune uova, le cui estremità erano accolte in due sacchetti separati di gomma elastica contenenti aria atmosferica, Boudrimont e Martin Saint-Ange ottennero i seguenti resultati:

11 al 19 Luglio 1845	SACCO della Camera ad aria	SACCO della punta	CAMERA ad aria
I.			
Acido Carbonico	0,0207	0,0204	0,0163
Ossigeno	0,0611	0,1027	0,1352
Azoto	0,9182	0,8769	0,8455
22 al 24 Luglio detto			
II.			
Acido Carbonico	0,0130	0,0092	0,0142
Ossigeno	0,1034	0,0979	0,1281
Azoto	0,8836	0,8929	0,8577
III.			
Acido carbonico.	0,0220	0,0149	0,0157
Ossigeno	0,0863	0,0751	0,1105
Azoto	0,8917	0,9100	0,8738

Gorup Besanez (1) dà le seguenti proporzioni tra l' ossigeno assorbito dall' uovo, e l' ossigeno dell' acido carbonico esalato :

Dal 9.° al 12.° giorno della covatura
100 : 54,9

Dal 15.° al 16.° giorno della covatura
100 : 81,00.

Tutti questi fatti ne rendono certi, che una serie di fenomeni analoghi alla ordinaria respirazione, si compiono attraverso la crosta dell' uovo, durante la incubazione. Quanto

(1) *Lehrbuch der Physiologischen Chemie*, p. 679. Braunschwein. 1862.

alle altre conseguenze che dai fatti stessi si è creduto poter trarre, vale a dire, la necessità che l'uovo sia permeabile intorno alla *Camera ad aria*, affinchè la covatura possa essere efficace, e la virtù insìta nell'allantoide di effettuare il suo primo dispiegamento verso quella parte, vedremo in seguito come elle sieno modificate dai miei esperimenti. Qui debbo solo aggiungere, che recenti osservazioni hanno dimostrato, la esalazione di acido carbonico e l'assorbimento di ossigeno operarsi anche nelle uova non covate, tuttochè questo scambio di gas sia allora meno attivo.

Esperienze del Dott. Dareste.

Nel 1855 (1) il Dott. Dareste ripetè l'esperienze dei naturalisti ricordati di sopra. Rendendo impermeabile la estremità ottusa dell'uovo mediante uno strato di olio o di vernice, innanzi che l'allantoide fosse sviluppata, ei vide come Boudrimont e Martin Saint-Ange, l'allantoide stessa dispiegarsi in quel tratto della membrana testacea, ove l'aria poteva penetrare facilmente. Questo fatto, fu da lui attribuito alla presenza dello strato impermeabile. Ma, come vedremo, più tardi rinunciò a tale opinione, accagionando del singolare fenomeno, la incompletezza dell'amnios; il quale rimanendo continuo, dal lato dorsale dell'embrione, al foglietto sieroso periferico, poneva ostacolo al distendimento dell'allantoide verso la *Camera ad aria.* Fra gli embrioni in cui il Dott. Dareste osservò siffatto disviamento dell'allantoide, eranvene due affetti d'anomalìa. Ad uno mancavano i diti della zampa sinistra; nell'altro la mascella inferiore appariva molto piccola, rispetto all'altra mascella. L'Autore si mostra inchinevole ad ammettere che la irregolare situazione dell'allantoide, sia stata causa di cotali anomalìe.

Praticando la notata operazione al quinto giorno della covatura, gli embrioni perivano d'asfissia; la qual cosa non

(1) *Sur l'influence qu'exerce sur le dévéloppement du poulet l'application partielle d'un vernis sur la coquille de l'œuf.* — *Ann. de Sc. Nat.* 4. Série, T. IV.

si avverava, se le uova erano lasciate nelle ordinarie condizioni di sviluppo fino al nono giorno; dacchè a questo periodo l' allantoide si è già distesa su tutta la superficie della membrana testacea.

Rendendo impermeabile la estremità sottile dell' uovo, nel principio della incubazione, il germe non sempre si sviluppava; ma dopo alcuni giorni, tale operazione poteva essere eseguita, senza disturbo del lavorìo embriogenico. Infine l' impermeabilità dell' uovo, nella metà parallela al suo maggiore asse, impedì lo sviluppo dell' embrione o lo arrestò, se già era incominciato.

Nel 1860 (1) il Dareste descrisse tre mostri iperencefali ottenuti da lui con mezzi artificiali. Due tra quelli, erano già morti e guasti per putretazione, quand' ei ne fece l' esame. Nell' altro, che visse finchè non fu estratto dall' uovo (nono giorno), l' allantoide si era attaccata alla regione cefalica per guisa, che questa e quella parte congiungeva una specie di funicolo (briglia allantoidea). Abbenchè, come ho già detto, (pag. 192), Stefano Geoffroy stimasse questo fatto, siccome la principal causa delle estroversioni viscerali, il Dareste per contrario sarebbe inchinevole ad ammettere che quelle notate di sopra, dipendessero da un mutamento avvenuto nella giacitura dell' embrione, rispetto al vitello.

Nel 1863 (2) il medesimo fisiologo pubblicò un' altra memoria, in continuazione ed ampliamento di quella ricordata di sopra, ove sono descritti alcuni esperimenti eseguiti mantenendo le uova in positura verticale per guisa, che la loro estremità più larga riposasse sul fondo dell' apparecchio di incubazione. Con tal metodo, egli asserisce di avere ottenuto le seguenti forme irregolari:

1.ª Sviluppo più o meno incompleto degli arti posteriori (ettromelia). 2.ª Ernia dell' encefalo (esencefalia). 3.ª Estroversioni degli organi toraco-addominali (celosomia).

(1) *Annales des Sc. Nat.* T. XIII. 4. Série.

(2) *Sur les condictions de la vie et de la mort chez les monstres Ectromeliens ec.* — *Ann. des Sciences Natur.* 4. Série. T. XX. Ved. anche una Memoria presentata all' Accademia delle Scienze nel 1862. *Comptes Rend.* an. d.°

E poichè tali forme trovò spesso unite nei medesimi individui, e questi morirono sollecitamente, attribuisce l'uno e l'altro fatto, *ad arresto di sviluppo dell'amnios*. « L'arresto di sviluppo dell'amnios, egli dice, trae seco necessariamente un arresto di sviluppo dell'allantoide, che non può più applicarsi su tutta la superficie interna dell'uovo. Ne risulta che l'allantoide sembra disviarsi nell'interno dell'uovo (1) ».

Io tralascio di esaminare particolarmente tutte le ragioni colle quali il Dareste s'industria dar valore al giudizio qui riferito; perciocchè ei dichiara non avere in animo di stabilire una legge generale. Dirò soltanto che i fatti da me osservati in una lunga serie di prove analoghe alle sue, mi confortano a pensare, *l'arresto di sviluppo dell'amnios* conseguiti quasi sempre a un generale disordine del processo vegetativo. Ed invero, laddove tutte le parti dell'embrione sono scomposte ed informi, l'amnios è sempre incompleto e guasto nella sua costruttura. Parimente, quando tale incompletezza sembra ne raffiguri l'unica alterazione che i fenomeni di sviluppo hanno patita, un esame accurato ti fa scorgere spesso nell'embrione un morboso mutamento dei tessuti, che ha grande simiglianza con quello solito avvenire nella larva del baco da seta (giallume o invacchimento). Del quale mutamento, non porge certo sufficiente ragione la incompletezza del sacco amniotico.

Ricerche del Panum.

Mentre Dareste si appagava di coordinare le ettromelie, le estroversioni viscerali ec., alla teorica dei rallentamenti di sviluppo, il Panum conchiuse una lunga serie di ricerche sulla origine dei vizi di formazione nelle uova degli uccelli (2), attenendosi per lo più alla opposta dottrina. Di cotali ricerche giova riferire in succinto quella parte che meglio

(1) Mem. cit. pag. 72.

(2) *Untersuchungen über die Entstehung der Missbildungen in den Eiern der Vögel*, von D. P, L. Panum. Prof. der Physiologie an der Universitat zu Kiel. Berlin 1860.

fa manifesto il pensiero dell' Autore, circa la condizione essenziale delle mostruosità.

Dove questo fisiologo esamina, in generale, le cause dei vizi di formazione che conseguitano a disturbi apportati nello sviluppo (1), ricorda principiando, « che le condizioni vitali « esterne dell' embrione, e in parte ancora le interne, vuoi « nell' uovo, vuoi nell' utero, differiscono per modo da quelle « dell' individuo sviluppato e già libero dei legami embrio- « nali, che a priori siamo autorizzati ad ammettere, nei di- « sordini di nutrizione che l' uno o l' altro può subire, note- « vole diversità.... Perciò quando si vogliono studiare questi « disordini dobbiamo prima di tutto prendere in esame l'in- « fluenza delle condizioni esterne, e poi investigare i di- « sturbi stessi e i processi patologici che vi si rapportano, « avendo sempre fisso lo sguardo alle differenze tra individui « sviluppati, e individui nello stato embrionale ».

Le azioni esterne che si reputarono sin qui meglio acconce a suscitare disordini nella nutrizione e sviluppo embrionale, sono di due sorta, cioè chimiche e meccaniche.

Azioni chimiche. — Nuocciono al lavorìo embriogenico, da una parte le alterazioni alquanto prolungate della temperatura; dall' altra parte i mutamenti prodotti nello scambio di materie gassose, operantesi attraverso la crosta dell' uovo, tra le parti in questo contenute e l' aria atmosferica. Delle ultime già vedemmo come si giovassero Geoffroy, Boudrimont, e Dareste. Le altre, cioè le alterazioni di calore, procacciarono al Panum buona parte delle mostruosità semplici ch' egli ha descritte; come dire, quelle del *blastoderma, dell' amnios, dell' allantoide, dell' ombelico, della spina, dell' encefalo, del cuore, dell' embrione ec.* — Per la qual cosa fu convinto, *che le oscillazioni di temperatura, tengono il primo luogo, tra le cause esteriori della origine de' vizi di formazione, nelle uova degli uccelli* (2).

Ma gli effetti derivanti da ciaschedun mutamento di calore, apparivano per qualità diversi, secondochè questo mu-

(1) Cap. III. pag. 138 e segg.
(2) Pag. 141.

tamento era cimentato nel primo stadio dello sviluppo, o in altro susseguente. Nè egli ottenne risultamenti che meglio si assomigliassero, quando estratte da un apparecchio incubatore molte uova, le quali avevano ugual grado di sviluppo, le espose per breve tratto all' aria libera: perocchè, dopo averle ritornate nelle prime condizioni di riscaldamento, ne vide alcune seguitare a svilupparsi come innanzi, altre morire, in altre infine l'embrione ammalarsi e diventare poi mostruoso. Un aumento di temperatura, poneva in pericolo l' ulteriore sviluppo del pulcino, al pari di un abbassamento; ma quello non si poteva trarre in lungo come questo, senza danno.

Azioni meccaniche. — Nelle condizioni ordinarie, l' embrione degli uccelli è bastevolmente riparato dagli agenti meccanici esterni, mediante la crosta calcare dell' uovo. Non pertanto ei può andar soggetto a compressione e stiramento (zerrung).

Per meglio decifrare le differenti azioni compressive, e la influenza loro sopra l' origine delle mostruosità, l' Autore ricorda che le parti viventi, quando sono compresse, non possono rimanere passive; perocchè essendo esse soggette ad uno scambio continuo di materiali, questo scambio deve mutarsi in modo conforme alla qualità di ciascheduna compressione. È noto che negli organi di un individuo sviluppato, una data azione premente fa insorgere processi infiammatori; un' altra ingenera cangrena ec.; si può quindi presupporre la medesima varietà di effetti, quando cotali azioni operano sull' embrione; nel quale, oltre lo scambio di materiali notato più sopra, debbono formarsi e giungere a compimento molti organi per costruttura assai diversi (1). Il Panum risguarda come effetti di compressione locale alcuni casi di storcimento del becco; il quale, ei dice, fu contrastato nel proprio sviluppo da un' ala che era volta in alto. Uguali effetti gli parve pure di scorgere in un pulcino che aveva un *Coloboma iridis* in un occhio; perchè l' ala del medesimo lato ove tale anomalìa era avvenuta, trovò, come negli altri

(1) Pag. 148.

già ricordati, volta all' insù ed infitta colla sua punta nella fessura dell' iride . Inoltre, come esempio di offese ancor più gravi che le compressioni possono apportare nello sviluppo, ei reca in mezzo un embrione, nel quale l' orlo interno dell' area vascolosa (lato destro) s' era agglutinato alla regione superiore del pericranio; la colonna vertebrale aveva subìto un incurvamento in addietro; ed il vaso cardiaco, diviso in due parti suppergiù uguali, occupava i due lati del collo (1).

La piccolezza soverchia di altri embrioni, rispetto al loro grado di sviluppo; l' anormale brevità della colonna vertebrale; i contorcimenti di questa, le dilatazioni delle vertebre ec., sono raffigurati in questo lavoro, quali conseguenze di compressione non malto circoscritta, dovuta ad insufficiente accrescimento del disco germinale, (area vascolosa : area pellucida), o delle membrane fetali (amnios ec.): la qual cosa aveva fatto ostacolo al regolare sviluppo di tutto il corpo. La prima tra le notate anomalìe, sembrò talvolta derivata più particolarmente da condizione morbosa della pelle; la quale condizione avrebbe impedito a questa di crescere in superficie per guisa, da far luogo ai sottostanti organi ove svilupparsi completamente.

A pressione operante da dentro in fuori, per forza di materie liquide accumulatesi in modo insolito nel canale midollare, sono attribuiti tutti i casi d' idrocefalo, spina bifida ec. Pel distendimento della cute, in questa ultima mostruosità, potevano esser nate alcune anomalìe secondarie ad essa solite congiungersi, come dire l' incompleta chiusura dell' ombelico e gli incurvamenti della colonna vertebrale.

La spartizione del cuore in due metà laterali, e l' allontanarsi di queste dal mezzo della faccia inferiore del collo, come appare nel disegno che ho già citato, poteva dipendere dallo stiramento che quell' organo dovè necessariamente subìre, quando la spina s' incurvò in addietro, per forza della trazione operata sul pericranio dall' area vascolosa che vi aderiva. Finalmente il congiungimento delle lamine ventrali colla parte periferica dell' area germinativa, porgeva sufficien-

(1) Op. cit. Tav. IV. fig. 1.

te ragione della mancanza di vera cavità ventrale, o della sua formazione incompleta.

I processi patologici per mezzo dei quali si manifestano i disturbi di sviluppo prodotti dalle azioni chimiche e meccaniche, sono spartiti dal Panum in tre forme principali, che si connettono fra loro in modo intimo cioè: 1.° Agglutinamenti e sinfisie (Verklebungen und Verwachsungen). 2.° Versamenti sierosi nella cavità midollare. 3.° Atrofie e increspamenti in forma di cicatrice.

Agglutinamenti ei denomina tutte quelle unioni tra parti diverse, che si possono sciogliere con facilità mediante stiramento. Sinfisie le altre, nelle quali le superfici unite non si possono separare senza lacerazione. Questi due stati patologici hanno una costante relazione colla intensità delle anomalìe cui danno origine. Più le dette unioni divengono intime e salde, più appaiono gravi le mostruosità che ne dependono. Lo che fa supporre, gli agglutinamenti mutarsi in sinfisie. Inoltre molti fatti conforterebbero a pensare, che entrambi raffigurino gli effetti di un processo infiammatorio. E di fatto in un caso di mostruosità, in cui una massa carnosa teneva il luogo dell' embrione, la membrana testacea e insieme quella del tuorlo aderivano a cotal massa per buon tratto (1). Il Panum, distaccata con diligenza la prima tra queste membrane, ne raschiò la superficie nel luogo della unione; poi esaminando col microscopio la materia tolta da quella superficie, vi scorse, oltre a fini molecole e vescicole adipose di varia grandezza, cellule granulose, cellule a guisa di fuso, formazioni cellulari e nucleari, cristalli di colore rosso, masse rossiccie, e molte laminette irregolarmente angolose. In altri casi analoghi, frammiste a cellule fusiformi, erano molecole adipose, sferule aggregate, formazioni irregolarmente rotonde simiglianti a corpuscoli di pus; ma anche molte volte piene di globuli grassosi e di granuli.

Gli agglutinamenti e le sinfisie si discoprono con frequenza, innanzi che i vasi siano formati; perciò la materia viscosa che interponendosi ai tessuti ne opera la prima ce-

(1) Op. cit. Tav. VI. fig. 5.

mentazione, non è un *essudato* nel senso ordinario di questa voce, ma proviene per modo diretto dalle cellule o dall'albume che alimenta la nutrizione del nuovo organismo. E dacchè i fenomeni essenziali dell'accennato processo unitivo embrionale, non differiscono gran tratto da quelli della ordinaria infiammazione adesiva, e' possono rapportarsi alle flogosi parenchimatose di Virchow, nelle quali i disordini della circolazione vengono, rispetto al tempo secondarii.

Morboso accumulamento di sierosità, osservò l' Autore soltanto nell'idrocefalo e nella spina bifida; le quali anomalie ei tiene in conto di stati morbosi embrionali. Però se il siero provenga dal sangue o d' altra parte, lascia indeciso. Nei mostri descritti da lui, i vasi sanguigni erano già formati. Tuttavolta e' non ha alcun dubbio che anche nei primi periodi dello sviluppo, quando cioè i vasi stessi non sono visibili, si possano osservare prodotti sierosi della nutrizione, e di permuta materiale. Allora il canal della midolla è così delicato, che non sopporterebbe nessuno stiramento senza rompersi nella sutura del dorso. E di fatti egli ha veduto spesso in quei periodi la detta sutura disunita e la lamina midollare tesa. Rispetto all' altro più importante quesito, se debba essere ammesso che una malattia della midolla, o del luogo di unione delle lamine dorsali, preceda sempre la spina bifida circoscritta, e sia condizione necessaria perchè questa possa fermarsi, il Panum risponde in modo affermativo; perocchè ei dice, nel caso contrario non si comprenderebbe come soltanto una parte della cavità midollare subisca dilatazione per effetto del siero ivi soverchiamente accresciuto mentre lo stesso siero poteva spartirsi per l' intiera cavità.

I fatti di maggiore rilievo recati in mezzo a sostenere tale opinione, sono due; cioè un caso di spaccatura delle lamine dorsali, ed un altro di spina bifida enorme. Nel primo, mancava ogni indizio di dilatazione del canale midollare: nel secondo, questa dilatazione era nettamente circoscritta alla regione posteriore della spina. Cosicchè pareva ne fosse stata causa una malattia, la quale indebolendo in quel tratto le pareti del tubo midollare, e delle parti ond' è

attorniato, le avesse rese insufficienti a contenere il liquido interno nei suoi naturali confini. E ciò faceva anche sospettare, che il disordine della nutrizione, d'onde avevano tratto origine i mutamenti di forma già notati, potesse avere operato altresì l'accumulamento del siero nella cavità midollare.

Le atrofie e gl' increspamenti in forma di cicatrice, procedono spesso da parziali o generali compressioni; frattanto le non sono sempre da raddurre a questa causa esterna. Rispetto a molti embrioni, che dopo quarantadue a sessantasei ore di incubazione erano tuttavia piccolissimi; ed anche rispetto ad altri nei quali soltanto la metà posteriore del corpo aveva sofferto atrofia, si poteva supporre che la pelle avesse subìto un rallentamento di sviluppo, e per tal cagione le parti sottostanti fossero rimaste esse pure incomplete. Rimaneva però da provare, come e perchè l' accrescimento della pelle fu interrotto. Certo è, che assieme coll' atrofia dell'embrione, era in molti casi l' atrofia dell' *arèa vascolosa,* la quale per giunta aderiva spesso alla membrana vitellina.

L' incompleta formazione degli arti poteva anch' essa dependere da semplice compressione. Però nei casi in cui non s' avea di tali parti nessun rudimento, ed anche in quèlli nei quali la mostruosità era riposta nella mancanza degli occhi, è assai probabile che una contrazione a guisa di cicatrice avesse impedito lo sviluppo di quelle parti. Ed in vero, in un individuo nel quale un solo occhio si era sviluppato, il luogo ove l' altro occhio avrebbe dovuto formarsi, appariva talmente retratto, che il cranio aveva acquistato una positura obliqua rispetto all' asse longitudinale del corpo. Finalmente il dileguarsi dell' *area pellucida* e dei rudimenti embrionali (1) si poteva rapportare alla detta condizione morbosa, sebbene una vegetazione soverchia della massa cellulare, appartenente agli orli interni di quell' area, avrebbe forse prodotto uguale risultato.

Le mostruosità così dette per difetto, sono da raddurre, nella sostanza, alle atrofie ed increspamenti a guisa di cica-

(1) Op. cit. Tav. I. fig. 4.7.

trice. Elle nascono per lo più nei primi periodi embriogenici; cosicchè non potrebbero derivare da incompleto sviluppo dei vasi sanguigni; come Serres opinava (1). Ed in vero moltissimi fatti ne rendono certi, che i materiali nutritizii sono forniti in quei periodi dal liquido albuminoso contenuto nel tuorlo. Quando per esempio, nelle uova doppie la cicatricola d'uno dei tuorli occupava la parte superiore dell'uovo, e la cicatricola dell'altro tuorlo rimaneva nella parte opposta, il Panum vide in quest'ultima cicatricola rallentarsi lo sviluppo ed in breve cessare, mentre sopra l'altra cicatricola si componeva un embrione normale. D'onde ei ne conchiuse, la positura della cicatricola nella zona superiore del tuorlo essere condizione necessaria dello sviluppo; perchè tra le materie contenute nel tuorlo stesso, pare siano meglio appropriate al nutrimento del nuovo organismo, quelle che hanno minor peso specifico.

Anche quando ambedue le cicatricole erano situate nel luogo, ove le sfere vitelline facevano l'una all'altra contrasto, lo sviluppo non avveniva. Ma in questo caso, erano forse da mettere in conto anche gli effetti della compressione. Intorno al quesito se il processo d'atrofia embrionale abbia principio da un mutamento qualitativo, o quantitativo delle materie nutritizie; oppure se le qualità vitali delle cellule (accrescimento specifico, trasmutazione nei differenti tessuti ed organi ec.) siano affette primitivamente e per modo diretto, l'Autore non crede si possa dare una risposta definitiva. Tale processo può essere interpretato in ambidue i modi. Ma dacchè le compressioni apportano nello sviluppo del pulcino disordini cotanto gravi da produrre l'atrofia, quando non havvi ancora indizio di circolo sanguigno, sembra che un'azione volta direttamente sopra le cellule possa ingenerare questo processo morboso: il quale da un altro lato, appare tanto spesso congiunta agli agglutinamenti e le sinfisie, che giova credere sia a questi necessariamente connesso. Ciò appare di fatto in quei casi, ove la materia viscosa me-

(1) *Recherches d'Anatomie transcendante et Patologique.* pag. 157, Paris, 1832.

diante la quale si formano gli agglutinamenti proviene dalle cellule; o perchè trasuda dalle pareti di queste; o perchè resulta dalla loro totale scomposizione. Nel primo caso l'agglutinamento e la consecutiva sinfisia, sarebbero dependenti da interruzione dell'accrescimento cellulare; nel secondo caso, da effettivo consumo o distruzione di questo elemento organico.

Si vede perciò che secondo Panum, il mutarsi della temperatura durante la incubazione, disturba l'ordinario procedimento dei fenomeni embriogenici in guisa siffatta, da porgere occasione a morbosi agglutinamenti e sinfisie tra parti diverse; versamenti sierosi nelle cavità chiuse del corpo; atrofie ed increspamenti ec. Le prime due condizioni morbose, fanno ufficio di cause eccitanti delle mostruosità; sia premendo gli organi embrionali, sia stirandoli per modo da produrre in essi speciali mutamenti di forma e di costruttura. Per contrario le ultime, o conseguitano alle sinfisie (come l'atrofia), o a condizioni insolite che attengono soltanto alle influenze chimiche. Ma ad ogni modo le mostruosità semplici hanno la loro causa più prossima in un disordine della nutrizione dei tessuti, ov' elle si formano. Cosicchè questo fisiologo, accogliendo la teorica che faceva derivare i vizi di formazione da malattie del feto, risguarda le malattie stesse in ciò che hanno di più essenziale, e meno variabile, cioè il disordine delle azioni nutrive.

Prima di chiudere questo capitolo, debbo fare alcune avvertenze. Ognuno si sarà accorto che gli agglutinamenti e le sinfisie descritte dal Panum, non differiscono nella sostanza dalle adesioni che Stefano Geoffroy denominò *briglie placentarie o fetali*: non ne differiscono per la indole morbosa, non pel valore teratogenico che loro viene attribuito. Se esse raffigurino gli effetti più appariscenti delle ordinarie infiammazioni adesive, non preme discutere. Questo solo si vuole esaminare, cioè se le mostruosità che spesso vediamo complicate da agglutinamenti di superfici membranose, abbiano in questi la loro causa eccitante. Dissi già come pensasse, rispetto a tale argomento, Stefano Saint-Hilaire. Il Panum alla sua volta asserisce che, quando questi agglutina-

menti s' erano trasmutati in sinfisie, le alterazioni delle forme embrionali apparivano più gravi. E questo è vero. Anzi, io ho osservato in moltissimi casi, che quando l'embrione appariva come avvizzito per generale atrofia, tutte le membrane dell' uovo (tranne la testacea) avevano perduta la loro naturale trasparenza; erano più grosse del consueto, di colore cenerognolo, e insieme congiunte saldamente, in buon tratto di loro estensione. Cosicchè non uscirebbe forse del vero chi avvisasse, l' atrofia stessa e qualunque altra deformazione alquanto estesa, tra quelle che avvengono nei primi periodi dello sviluppo, andar sempre congiunte a sinfisie degli involucri embrionali. Non pertanto, le relazioni che hannovi tra questi due fatti, non sono ancora dimostrate. Quindi valutandoli come s' essi procedessero l' uno dall' altro, si rischia per lo meno di porre un effetto nel luogo della sua cagione, o di contare come causa di mostruosità la mostruosità stessa.

Da un' altra parte, la qualità di cause meccaniche esterne attribuita alle adesioni sopra notate, (le quali nel caso nostro raffigurerebbero gli effetti più appariscenti delle *oscillazioni* di temperatura) può sembrare a taluno non bastevolmente giustificata. Gli è ben vero che l' Autore dichiara (pag. 170), quei mutamenti doversi tenere in conto di azioni esterne relativamente all' embrione; ma anche in questo concetto, si vorrebbe aver già messo in sodo che essi conseguitano alle alterazioni del calore d' incubazione, innanzi che nei tessuti embrionali abbiano principiato il loro corso altri disordini, i quali per sè medesimi menano ai vizi di forma. Inoltre siamo noi ben certi, se le condizioni fisiche dello sviluppo consentono che ogni agglutinamento di membrane operi sull' embrione, alla maniera di agente meccanico? Se io esamino le figure che il Panum ne ha pôrte, come a mostrare gli effetti delle compressioni, trovo che nel più dei casi le deformità dell'embrione sono assai profonde ed estese; cosicchè mi lasciano in gravi dubbiezze circa la causa che ha potuto operare quei mutamenti. Del resto, se l'ipotesi dell' Autore intorno alla spina bifida circoscritta non è

infondata, (1) la pressione del liquido rachideo avrebbe anche in questo caso un valore teratogenico di ben lieve importanza; perocchè la vera causa della mostruosità è riposta nell'alterata tessitura delle pareti spinali.

(continua)

(1) Vedi pag. 34-35.

UNA NUOVA CAMERA CHIARA; DOTT. STANISLAO VECCHI.

La *camera chiara* immaginata nel principio di questo secolo da Wollaston serve come la *camera scura*, per ottenere un' immagine fedele di un paesaggio, di un monumento o di qualunque altro oggetto vogliasi riprodurre in un disegno.

Per raggiungere lo scopo si cerca di avere sovrapposte le immagini dell' oggetto da copiarsi e della mano portante la matita, in atto di disegnare sopra un certo piano, sul quale è disteso un foglio di carta. L' occhio così giudica sovrapposti la mano e l' oggetto che si deve copiare, e mentre l' osservatore crede di guidare la mano sul contorno dell' oggetto, l' obbliga a disegnare sul foglio preparato l' immagine dell' oggetto medesimo.

Si vede la necessità di guardare con un occhio solo per evitare la parallasse.

Per realizzare quanto è qui detto, Wollaston si servì di un prisma A di vetro a quattro facce (*Tav. I. fig.* 1.), in cui l'angolo A è retto, gli angoli B e D di 67° e 30′ e C di 135°, pel quale si fanno attraversare i raggi luminosi vegnenti dall' oggetto, e che supporremo orizzontali, sicchè essi dopo subìte due riflessioni totali su due delle facce C D, BC del prisma vengono rivolti verticalmente in alto ad incontrare la pupilla dell' osser-

vatore. Così l' oggetto veduto viene dall' osservatore giudicato nella direzione nella quale si trova il piano orizzontale M, che può essere veduto, poichè la pupilla è collocata in tale posizione da ricevere contemporaneamente i raggi vegnenti dall' oggetto e doppiamente riflessi e quelli partiti da M su cui si trova il foglio del disegno e la mano che guidata dall' occhio disegnerà l' immagine dell' oggetto veduto.

La necessità delle due riflessioni è voluta per raddrizzare l' immagine che sarebbe rovescia con una riflessione solamente; e si mette un prisma invece di specchi di vetro per evitare le immagini secondarie, che si hanno sempre negli specchi di vetro, e che disturberebbero assai per lo scopo cui la camera chiara deve servire.

Questo ingegnoso apparecchio non è però senza inconvenienti.

L'immobilità cui è soggetta la pupilla lo rende molto incomodo; e si capisce immediatamente come l' assoluta immobilità della pupilla sia necessaria, poichè oltre che col muoversi della medesima viene a spostarsi l' immagine relativamente ai punti del piano M che si giudicano coincidenti con essa, perchè l'immagine è giudicata può dirsi sempre oltre il piano M, col muoversi della pupilla varia l' intensità luminosa della mano o dell'immagine veduta dall' occhio sicchè movimenti anche piccolissimi fanno scomparire o l' una o l' altra.

Si cerca di ottenere la immobilità della pupilla mettendo in vicinanza di essa una piccola lastra di rame forata e pel cui foro l' occhio è obbligato a guardare.

Un altro inconveniente dipende da ciò che la mano e l'immagine dell' oggetto non essendo giudicate alla stessa distanza, non si ponno vedere contemporaneamente colla stessa nettezza; ma si evita a questo difetto mettendo davanti alla faccia del prisma una lente convergente che dia ai raggi riflessi la stessa convergenza che hanno i raggi che sono ricevuti direttamente.

Un altro difetto molto grave consiste in ciò che anche tenuta la pupilla immobile può darsi benissimo che non si possa vedere che o l' immagine dell' oggetto o la mano se la differenza della loro illuminazione è molto forte. Ma a questo male ha insegnato a mettere rimedio il Chevalier disponendo dei ve-

tri colorati o tra il prisma e l'oggetto o nella direzione dei raggi vegnenti dalla mano se o il primo o questa è più illuminata.

In questo apparecchio anche dopo tutti i perfezionamenti introdotti resta però l' inconveniente già accennato che un piccolo movimento dell' occhio fa variare rapidamente l' intensità della luce dell'immagine o della mano: se l' occhio si avanza un poco verso il prisma l' immagine diventa chiarissima, ma non si vede più la mano; un movimento contrario produce l'effto inverso.

A togliere questo difetto si occupò l' Amici ed immaginò la disposizione (*fig.* 2.). Egli prese un prisma a sezione isoscele e rettangolare che ha per iscopo di raddrizzare l' immagine, ed una lamina di vetro sulla quale riflettendosi i raggi verticalmente penetrano nell' occhio. L' occhio poi, siccome la lamina di vetro è trasparente, vede anche la mano e quindi sovrappone e la mano e l' immagine come si doveva.

Si vede qui eliminato l' inconveniente principale della camera chiara di Wollaston; certamente che anche in codesta camera chiara l' occhio deve restare il più possibilmente immobile, e potrà quindi adoperarsi la lamina di rame forata; ma piccoli movimenti se produrranno insensibili spostamenti dell' immagine non impediranno che si vegga distintamente l' immagine e la mano.

Ma anche questa camera vuole essere modificata un po' per essere privata di un difetto che se è minore di quello della camera di Wollaston, non è però trascurabile. La lamina di vetro, servendo da specchio colle due facce, produce una doppia immagine che sarà tanto più imbarazzante quanto più la lamina sarà grossa.

Per migliorarla dunque si potrebbe mettere invece della lamina incolora una lamina di vetro colorato che servirebbe a rendere insensibile la seconda immagine senza impedire che si vegga distintamente la mano colla matita: infatti i raggi vegnenti dalla mano nello attraversare la lamina di vetro colorato sarebbero bensì diminuiti nella intensità luminosa, ma i raggi che produrrebbero la immagine secondaria, oltre ad altre cause di diminuzione nell' intensità luminosa, dovrebbero

attraversare due volte la lamina colorata e si otterrebbe così l' immagine stessa resa insensibile.

Questo premesso per stabilire nettamente che cosa sia una camera chiara e quali difficoltà presenti la sua costruzione, passerò a far conoscere un' altra disposizione che ho dato ad essa per renderla di più facile costruzione, e per diffonderne quindi l' uso oggi limitatissimo, per renderla più comoda nel disegnare, poichè l' occhio invece di guardare verticalmente dall' alto in basso guarda sotto un' inclinazione di 45°, e nella quale con somma facilità si può ottenere che varii l' intensità luminosa sia dell' immagine dell' oggetto che della mano. Questa camera poi, come quella d' Amici, non ha con quella di Wollaston il difetto a cui si è già accennato ed è tolto anche quello che s' incontrò nella camera d' Amici dell' imagine secondaria.

Consiste la nuova camera lucida (*fig.* 3.) in due lamine di vetro colorato AB, A'B', disposte come nella figura. I raggi incidenti, riflessi sulla faccia AB si riflettono nuovamente sulla A'B' per passare poi all' occhio. Nella prima riflessione non vi ha produzione di doppia immagine poichè la lamina AB è di un vetro di colore molto carico ed anche assolutamente nero. Non vi ha immagine doppia causata dalla lamina A'B' perchè anch' essa colorata benchè più leggermente dell' altra. Nella direzione del raggio MN nella quale vien giudicata l' immagine è disposto il piano HK contenente il foglio del disegno, e siccome il vetro A'B' benchè colorato, lo è soltanto leggermente, così l' occhio oltre all' immagine può vedere anche la mano pronta a diseguare sul piano HK. Le due lamine sono necessarie perchè l' immagine non riesca rovesciata.

Sia α il complemento dell' angolo di prima incidenza, β quello di seconda incidenza, δ la mutua inclinazione delle due lamine di vetro, γ la deviazione del raggio doppiamente riflesso dal primo incidente.

Nel triangolo $O\alpha M$ si ha:

$$\delta = \beta - \alpha ;$$

dal triangolo αMN si ha inoltre:

$$\gamma = 2\beta - 2\alpha = 2(\beta - \alpha) = 2\delta.$$

Essendo costante dunque l' inclinazione reciproca delle due lamine è costante anche la deviazione totale del raggio ; e precisamente questa è eguale al doppio di quella.

Questa proprietà fa conoscere come γ sia indipendente da α e da β e quindi che la deviazione dei raggi è costante per qualunque posizione delle lamine purchè resti costante la loro inclinazione reciproca. Potremo dnnque scegliere convenientemente l' angolo δ delle due lamine perchè la deviazione γ riesca la più comoda per disegnare: e volendo che sia :

$$\gamma = 45^{\circ} ,$$

basterà fare :

$$\delta = 22^{\circ},30' .$$

Vediamo come si possa utilizzare la proprietà or ora dimostrata dell' indipendenza di γ da α e β, per ottenere una maggiore o minore diminuzione nell' intensità luminosa dell' immagine o della mano.

Si renda possibile la rotazione del sistema delle due lamine attorno ad un asse orizzontale perpendicolare alla direzione dei raggi incidenti, allora restando costante γ varierà α e β ; col diminuire di α e di β aumenterà l' intensità luminosa dell' immagine e succederà il rovescio nel caso contrario ; si potrà quindi ridurre sempre l' intensità luminosa dell' immagine a quel grado che si ha per la mano.

Questa operazione converrà eseguirla sempre prima di mettersi a fare un disegno, ma potrà rendersi ancora più perfetta questa camera chiara se si disporrà il sistema de' due specchi in modo da poter ricevere inoltre piccoli movimenti di traslazione, per mezzo di una vite micrometrica, perpendicolari alla direzione dei raggi M N. Allora anche intanto che si sta facendo un disegno si potrà regolare la luce a seconda delle parti più o meno illuminate che si vogliono copiare ruotando dapprima il sistema di specchi convenientemente e poscia per mezzo della vite micrometrica, od anche con altri modi più semplici, riconducendo l' immagine a posto, poichè essa si sarà, benchè di non molto, spostata nella rotazione ; e qui s' intende traspor-

tata parallelamente a se stessa, secondo KH, poichè γ è costante.

Ma si può anche eliminare la vite micrometrica ed ottenere con una sola rotazione il cambiamento dell'intensità luminosa e l'immobilità dell'immagine, approfittando dell'indeterminatezza nella quale si era lasciata la posizione dell'asse di rotazione. Basta infatti osservare che il fascio di raggi paralleli che cade sulla prima lamina A B (*fig.* 3.) non viene per le due riflessioni alterato nelle sue dimensioni ma soltanto deviato, per cui basterà determinare la condizione che uno solo dei raggi del fascio doppiamente riflesso resti immobile perchè li restino anche tutti gli altri nella rotazione del sistema di specchi. Di tutti i raggi incidenti consideriamo quello che verrebbe a cadere in O ed osserviamo che dopo le due riflessioni dovrà essere anch'esso deviato di un angolo γ dalla sua direzione primitiva, e che se l'asse di rotazione del sistema di specchi si immagini tutto proiettato nello stesso punto O, nella rotazione del sistema il raggio di cui ora parliamo non potrà essere spostato perchè dovrà conservare una direzione costante e passare sempre pel punto O. Dunque se si prende per asse di rotazione del sistema di specchi la retta proiettata in O si ha immobilità dell'immagine nella rotazione e si fa quindi a meno della vite micrometrica, di cui si era precedentemente parlato, semplificando così grandemente la costruzione e l'uso di codesta camera chiara.

Per completare questa camera chiara converrà racchiuderla entro una scatoletta metallica, messa come nella figura 4, in cui l'appendice A serve ad impedire che raggi diretti vengano a cadere sulla lamina inferiore di vetro colorato e a confondere quindi l'immagine dell'oggetto che vuolsi copiare, e un secondo pezzo B serve ad impedire che si veggano direttamente attraverso alla stessa lamina inferiore oggetti diversi dalla tavoletta sulla quale vuolsi operare il disegno. Il foro D pel quale l'occhio guarda deve essere il più che è possibile in vicinanza dello specchio inferiore e la scatola deve permettere il movimento accennato del sistema di vetri quello cioè di rotazione attorno alla linea di comune interruzione delle due superficie riflettenti.

Ecco compiuta la descrizione della nuova camera chiara

per la quale si saranno resi evidenti i vantaggi che si accennarono già da principio, la facilità cioè di costruzione e la grande comodità che presenta al disegnatore, poichè lo lascia nella posizione ordinaria a chi disegna, senza obbligarlo, come in quelle di Wollaston e di Amici, a guardare verticalmente dall'alto al basso, posizione incomodissima, nella quale non è possibile reggersi che pochissimo tempo.

La nuova disposizione permetterà che si diffonda l'uso delle camere chiare le quali non furono finora che mobili da gabinetto, benchè tanti vantaggi presentino sulle camere scure.

Si potrebbe fare una camera chiara anche con un solo vetro colorato, ma per adoperarla converrebbe una certa abitudine che del resto si acquista prestissimo e poi si avrebbe l'immagine la quale benchè in apparenza diritta quando la si disegna si troverebbe poi rovesciata. Per costruire una tale camera chiara (*fig.* 5) basta prendere una lamina di vetro colorato e porla tra l'occhio e l'oggetto da copiarsi come nella figura 5. L'occhio così vedrebbe direttamente l'oggetto a traverso il vetro e proietterebbe sull'oggetto l'immagine della mano che è in M. Muovendo la mano in M sicchè all'occhio dia l'impressione di seguire il contorno dell'oggetto quadrato, si otterrebbe in M il disegno cercato, ma questo evidentemente riescirebbe rovesciato. Questa camera può dare diversa la intensità luminosa della mano e dell'oggetto con una semplice rotazione della lamina di vetro, ma si correrebbe l'inconveniente di dover muovere anche il piano M del disegno. Resta quindi sempre la precedente come semplicissima e la più comoda di tutte.

Parma 18 Luglio 1868.

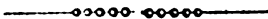
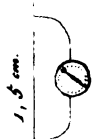
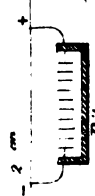
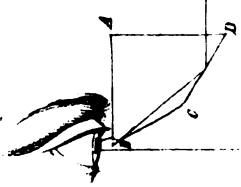
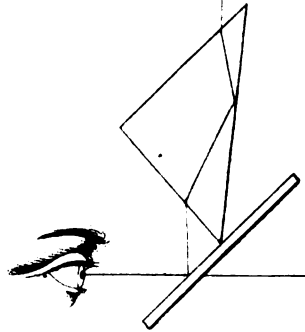
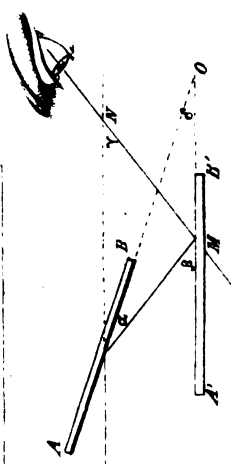
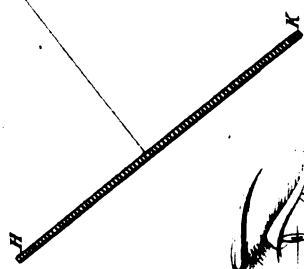
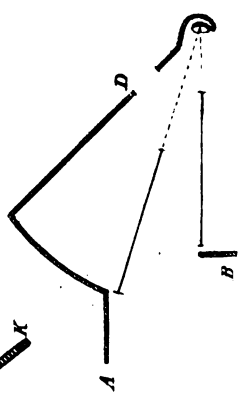



Fig. 1
1, 5 cm
varia
2 cm
Pila
Fig. 2.
1, 5 cm.
60 cm
– 2 cm +
Pila
Fig. 1.
A
C
D
M
Fig. 2
Fig. 3
A
B
α
β
γ
N
δ
O
A'
M
B'
H
K
Fig. 4.
A
D
B
Fig. 5.
M

SU ALCUNI PRINCIPII D'IDROSTATICA RIFLESSI DEL PROFESSORE GIOVANNI CANTONI.

L'esposizione dei principii d'idrostatica, quale è fatta ancor oggi nei corsi elementari di fisica, anche i meglio accreditati, non è tale da armonizzare i principii stessi con quelli che in altri capitoli di questa scienza si mostrarono fecondi di importanti rivelazioni teoriche e di trovati applicativi.

1. Fu già un notevole progresso d'aver introdotto, siccome fecero Mossotti e Jamin esplicitamente nei loro corsi di fisica, le nozioni di comprimibilità e di elasticità nell'interpretare la trasmissione delle pressioni tra le parti di un liquido. Con ciò furon tolte quelle assurde teoriche, per le quali si pensava di poter intendere la comunicazione delle pressioni tra molecole supposte perfettamente dure, e si estese anche a questa parte della scienza il principio fondamentale della fisica molecolare, che il moto non può trasmettersi da uno ad altro corpo senza che intervengano le azioni di elasticità delle parti minime di ciascuno di tali corpi.

2. Rimane però ancora una notevole discrepanza tra il modo di concepire l'esercizio della pressione tra le molecole di un liquido, e quello che ormai è da tutti consentito nel dichiarare la pressione esercitantesi fra le parti di un

fluido aeriforme. Per queste si ammette essere la pressione un atto dinamico, cioè la manifestazione di una serie incessante di impulsi, correlativi allo scambievole urtarsi delle molecole per la rispettiva loro velocità termica. Laddove nella idrostatica la pressione è concepita come un atto statico, cioè come la reciproca elisione di due sforzi eguali e contrari.

Ora vuolsi dapprima considerare che un concetto così fatto, se può aver valore nella meccanica astratta, dove non si tiene conto alcuno del modo di produzione delle forze e si guarda soltanto alla loro intensità relativa ed alla loro direzione, non può avere un preciso significato nella fisica sperimentale. Uno sforzo non potrebbe tradursi in atto se non corrispondesse già prima ed incessantemente all' impeto di una massa dotata d' un certo grado di velocità, cioè se non corrispondesse a ciò che in oggi si chiama una energia fisica od una forza viva. E infatti, ove si prendano in esame ad uno ad uno quei casi ne' quali noi siamo abituati a riguardare uno stato di equilibrio tra due o più sforzi, presto si riconosce che in ciascun d' essi vi hanno effettivi movimenti, che si vanno incessantemente componendo tra di loro, giusta il noto principio di Galileo, della composizione de' moti concorrenti.

Basti il pôr mente a questo caso. Due lottatori esercitano entrambi uno sforzo d' eguale misura per rovesciarsi in verso contrario l' uno all' altro; tanto che ognun d' essi resiste compitamente allo sforzo dell' altro, senza però soverchiarlo. In quest' atto non vi è movimento apparente e totale nelle due persone: ma è ben chiaro che l' uno e l' altro di continuo si sollecitano a muoversi con moti effettivi di contrazione muscolare, de' quali non solo essi medesimi hanno una piena consapevolezza, ma ancora gli astanti ne hanno indizi manifesti e dall' arrossamento del loro volto e dal sudore della loro cute e dal fremito della loro muscolatura. Epperò il fisico, non meno che il fisiologo ed il chimico, non può lasciar di riconoscere che quanto allora compendiosamente diciamo uno sforzo muscolare è la risultante di un grandissimo numero di movimenti nei filetti nervosi, ne' vasi

sanguigni e nelle fibre muscolari, per cui vi ha un attivo consumo di materiali organici per atti respiratori e nutritivi delle parti stesse; consumo che esser deve commisurato alla grandezza dello sforzo che si suppone fatto da ciascuno dei lottatori. E quando uno di questi, di sua volontà, venisse ad aumentare il proprio sforzo, bisognerebbe che l' altro, per non cedervi, accrescesse in pari misura lo sforzo proprio: l' equilibrio sussisterebbe di nuovo, ma è evidente che, a mantenerlo, richiederebbesi un lavoro di respirazione e di nutrizione proporzionatamente maggiore.

Ma torniamo al caso nostro. La forza espansiva di un fluido aeriforme, rinchiuso in un recipiente, a volume e temperatura costante, ben potrà essere dal meccanico intesa per mezzo di reciproci ed eguali sforzi di avvicinamento e di repulsione fra le molecole del fluido stesso. Invece il fisico, non potendosi acquietare a questo concetto, ha alla perfine riconosciuto che codesta forza espansiva, benchè non mutabile, nella sua grandezza, corrisponde alla assidua effettuazione di altrettanti urti e rimbalzi tra quelle molecole. Allo stesso modo, diciamo, la pressione in un fluido liquido, almeno pel fisico, presuppone effettive impulsioni scambievoli fra tutte le parti minime del fluido stesso.

3. Per verità questa illazione è già entrata nella scienza, dietro il divulgarsi della teoria termo-dinamica della quale sarebbe una immediata conseguenza. Poichè in un liquido, non potendosi far astrazione dall' aver esso una data temperatura, non si può nemmanco fare astrazione da quei moti molecolari, che sono la ragione fisica della temperatura stessa, e che si mostrano efficaci nel tenere le sue molecole ad una determinata rispettiva distanza e contro l'opera della loro reciproca gravitazione: talchè lo stato di densità del liquido ha un' intima relazione col suo stato di temperatura.

Ma codesta dottrina non è per anco passata nel dominio dell' insegnamento elementare. Epperò crediamo opera non al tutto inutile l' accennare alcune considerazioni ed alcune esperienze, che possono facilmente portare la convinzione su di essa, anche per le persone meno abituate alle

astratte considerazioni della meccanica. D' altronde sarebbe sempre un intoppo per la mente degli studiosi se la dottrina dell' equilibrio e della pressione nei fluidi aeriformi fosse dichiarata tutt' altrimenti che l' analoga dottrina pei fluidi liquidi. Ed io poi mi vo sempre più persuadendo, che debbano man mano scomparire dalla scienza fisica taluni concetti di *moti virtuali* e di *semplici conati*, per far luogo a quelli di moti attuali od effettivi ; tanto che opino non essere stata molto fortunata, almeno nel senso fisico, la distinzione che da alcuni inglesi fu posta tra *energia potenziale* ed *energia attuale*.

4. Il principio di Pascal, che ponesi a fondamento della idrostatica, vien di solito dapprima considerato nel supposto che in una massa liquida omogenea operino solo le forze chiamate molecolari, senza alcun intervento di gravità. E allora si osserva che, supponendo uno sforzo reciproco di avvicinamento fra le molecole del liquido (coesione) ed un altro sforzo pur reciproco di discostamento fra di esse (repulsione molecolare), perchè si verifichi e si mantenga l' equilibrio fra tutte queste parti, la cui scorrevolezza o fluidità supponesi perfetta, e le cui masse parziali suppongonsi fra loro eguali, converrà che le molecole stesse si trovino ad eguali rispettive distanze (considerando due a due le molecole contigue), affinchè sieno eguali e contrari i reciproci sforzi di avvicinamento e di discostamento. Tutto ciò sta bene in un senso puramente meccanico. Ma pel fisico devesi dichiarare che, tanto lo sforzo di aggregazione, quanto quello di repulsione, sono manifestazioni di due assidui movimenti molecolari, il moto di gravitazione ed il moto termico. E badate che se l' ultimo di questi è in oggi facilmente ammesso, non può essere rifiutato nemmanco l' altro, perciocchè non si può ammettere che l' effetto di un moto attuale, qual è il moto termico molecolare, ossia che una energia attuale possa elidersi da tutt' altra cosa cui non risponda un movimento pure attuale.

Ma dobbiam poi aggiungere che il fisico non può in niun modo fare astrazione dalla gravità nelle molecole di un liquido ; giacchè la gravità, non meno che la gravitazione

molecolare, è una delle manifestazioni della gravitazione universale, dalla quale non si può far astrazione, senza rendere monco e viziato il concetto di materia. Ora è facile persuadersi che nei liquidi anche la gravità si manifesta sempre siccome un moto attuale, il quale interviene coi predetti due moti molecolari a produrre lo stato di pressione e tensione reciproca fra le parti di una massa liquida. Per modo che il principio di idrodinamica del Torricelli si collega intimamente col principio di idrostatica del Pascal, e si riconosce quindi anche in questa parte che le dottrine della statica non possono trattarsi scientificamente, se non come un particolar capitolo delle dottrine di dinamica.

Quest' ultime deduzioni però acquistano ben maggiore chiarezza qnando si prendano a considerare attentamente talune delle più ovvie esperienze, che si ripetono nei corsi elementari di idrostatica.

Si abbiano due vasi comunicanti per mezzo di un canale libero e continuo, posto nelle loro parti inferiori. Si dice, e si riconosce sperimentalmente, che, introducendo in uno di essi un liquido omogeneo, questo non si compone in equilibrio se non quando le superficie libere, che esso presenterà ne' due vasi, corrisponderanno ad una stessa superficie orizzontale. Questo è un fatto esperimentale, che non può essere controverso. Ma ciò cui si può contraddire è la dimostrazione teorica che si pretende dare di codesto fatto. A tal uopo si prende a considerare un velo verticale del liquido che sta nel canale di comunicazione, e si osserva che affinchè esso stia in equilibrio, è necessario che sieno eguali le pressioni che si esercitano contro le due sue facce, e che perciò si trovino ad eguale altezza, rispetto al piano orizzontale che passa pel centro di gravità di tal velo, le superficie libere delle masse liquide ed omogenee che sono nei due vasi. Fin qui ancora non c'è obiezione a fare. Ma il vizio sta in ciò, che la dimostrazione si ritiene così compiuta; laddove quest' ultima asserzione è il risultato di una esperienza di idrodinamica.

Infatti che cosa è, e da che dipende ciascuna delle due pressioni che si dissero esercitarsi su quel velo liquido

verticale? Per intender questo, disponiamo altrimenti l'esperienza. Supponiamo cioè che nel predetto canale di comunicazione dei due vasi siavi una chiave, colla quale si possa interrompere e render libera codesta comunicazione; e sia ora chiusa. Si versi il liquido soltanto in uno dei vasi, sino ad empirlo. Si potrà dire ancora che la faccia di detta chiave che è in contatto col liquido regger deve una pressione. Ma allora è pur facile il dire, che questa pressione è la manifestazione del moto di gravità delle molecole liquide che la toccano; poichè, aprendo la chiave, si ha un evidente moto attuale di deflusso e di salita del liquido nell' altro vaso, e si riconosce una serie di oscillazioni della massa liquida, la quale cessa solo quando riescono eguali fra loro le velocità acquistate dalle molecole liquide che sono nel fondo di ciascun vaso per la caduta d' uno spazio corrispondente alla distanza di esse dalla superficie libera della corrispondente porzione di liquido, appunto come vuole il teorema del Torricelli. Ora quel moto effettivo e totale della massa, evidentemente dovuto a gravità, è una rivelazione del moto molecolare effettivo, e pur dovuto a gravità, che è la causa fisica della pressione esercitata dal liquido che toccava la chiave, innanzi che questa venisse aperta: perciocchè sarebbe assurdo il credere che un moto effettivo possa determinarsi in una massa, senza la preesistenza di altro moto pure effettivo.

6. Questa dichiarazione può applicarsi anche al caso della pressione esercitata da un liquido contro le pareti laterali o contro il fondo di un vaso. Ciascuna molecola liquida avrà per gravità una effettiva velocità corrispondente a quella che essa avrebbe acquistata cadendo liberamente da una altezza corrispondente alla distanza che essa ha dalla superficie libera della massa liquida. Epperò le molecole che sono in uno stesso strato orizzontale di tal massa, dotate essendo di eguale velocità, si urteranno fra di loro con eguali impeti, giacchè supponiamo anche eguali le masse delle singole molecole; e così, le azioni essendo eguali alle reazioni, si avrà ciò che diciamo l' equilibrio nel detto strato. E queste parziali ed effettive velocità delle molecole liquide ponno di.

subito rendersi manifeste ed anco misurarsi, quando d'un tratto venga aperta una chiave che fosse applicata sia in un punto della parete laterale, sia nel fondo del vaso: però l'espressione algebrica di questa velocità sarà sempre, secondo il teorema di Torricelli, $v^2 = 2gs$, ove s misura la distanza del centro dell'orificio dalla superficie libera del liquido, e g l'accelerazione di gravità per l'unità di tempo. E quando poi a codesta chiave fosse annesso un tubo ripiegato e coll'apertura volta all'insù, schiudendo la chiave, il liquido zampillerebbe, tolte le resistenze dell'aria e del canale, levandosi ad un'altezza corrispondente alla superficie libera del liquido che è nel vaso; e ciò ancora in opera della pressione (o più propriamente della velocità molecolare), che il liquido esercitava contro la chiave, innanzi che la si aprisse.

7. Quest'ultima asserzione riesce meglio chiarita da quest'altra esperienza, pure ben nota. Un'alta pozzetta cilindrica, munita di un pertugio nella parete laterale e presso il fondo, piena di liquido, è sostenuta, per mezzo di opportuno galleggiante, su di un'ampia superficie di acqua, contenuta in un bacino. Il liquido, nell'effluire dal detto pertugio, con una velocità commisurata alla altezza di caduta di esso nell'interno del vaso, farà muovere nella stessa direzione, ma in opposto verso, tutta la pozzetta col suo sostegno. Il qual fatto si spiega, osservando che nello strato orizzontale ov'è il pertugio, e propriamente nella direzione opposta a questo, vi sarà una pressione contro la parete del recipiente, la quale non viene equilibrata da altra ad essa eguale e contraria; mentre invece si elidono completamente, due a due, l'altre pressioni che si esercitano nello stesso strato sovra punti della parete tra loro diametralmente opposti; e che perciò l'anzidetta pressione non contrastata produce l'accennato movimento di traslazione del vaso. La qual dichiarazione è giustissima; ma si tralascia di cavarne un corollario: essere, cioè, in tal caso, evidente che la asserita pressione, dappoichè produce direttamente un moto effettivo, non può non corrispondere ad una effettiva impulsione fatta dal liquido contro la parete. E perciò dovranno pur corri-

spondere ad altrettante analoghe impulsioni anche tutte l'altre pressioni che si esercitano dal liquido contro i singoli punti bagnati della parete interna.

Questo corollario è così evidente, che v'è da maravigliare, se l'or descritta sperienza non abbia condotto ben prima i fisici ad un più chiaro concetto della pressione nei liquidi; tanto più che il così detto arganetto idraulico e le ruote idrauliche a reazione fornivano frequenti esempi del precedente fatto. E d'altronde la piena analogia tra i fenomeni dell'arganetto idraulico e quelli della eolipila a vapore, mobile su opportune ruote, doveva far intendere che ogni pressione, in un fluido liquido, non meno che in fluido aeriforme, è la manifestazione dello stato dinamico delle molecole dei fluidi stessi (1).

8. Anche adoperando il vaso piezometrico di Oersted si può giungere facilmente ad analoga conclusione. Si disponga entro questo vaso un tubo manometrico ad aria, di un diametro interno non minore di due centimetri, chiuso superiormente; si empia di acqua al solito modo il recipiente; indi si chiuda la chiave applicata alla tubulatura laterale di riempimento. Allora, tostochè si girerà la vite, così da spingere verso l'interno l'annesso embolo, si scorge il comprimersi dell'aria, il quale rivela e misura l'aumento di pressione che per tal modo si provoca in tutte le parti del liquido. Già a questo punto si può osservare che, per determinare un cosiffatto incremento nella pressione, è indispensabile cominciare da un effettivo movimento, quello che sospinge l'embolo; che a questo movimento si vede conseguire un altro moto effettivo, quello dell'acqua che va penetrando nel tubo manometrico, man mano che l'aria in esso si contrae, e che perciò, quale intermediario tra questi due movimenti, esser vi deve un moto effettivo in tutte le parti della massa liquida, nella quale diciamo cresciuta la pressione. Anzi, leggendo le indicazioni del manometro, pos-

(1) Anche il moto d'ascesa dei razzi ed i moti delle girandole de' pirotecnici mettono in evidenza che, pur in tali casi, ciò che denominiamo pressione è dipendenza d'un moto attuale (il getto della polvere ardente), ed è cagione di altro moto effettivo, in contrario verso del precedente.

siamo direttamente argomentare l' incremento per tal modo avvenuto nella velocità delle molecole liquide. Se, ad esempio, la interna pressione fosse cresciuta di una mezza atmosfera, potrem dire che si è aumentata la velocità in tutte le molecole liquide del recipiente, come se alla parete superiore di questo si fosse annestato saldamente un tubo alto circa 6 metri, ed empito poi d'acqua per metri $\frac{10,333}{2} = 5.166$ al disopra del primitivo livello del liquido entro il recipiente. La qual deduzione si può confermare sperimentalmente. Perciocchè, se dopo avere aumentata siffattamente la pressione per l' uno o per l' altro dei detti due modi, si aprisse d' un tratto la chiave del succennato tubo di riempimento, vedrebbesi un gitto di liquido, che in su le prime s' alzerebbe poco meno di 6 metri (1). Ora anche questo è un moto effettivo, il quale non può essersi creato nell' atto che si aprì la chiave, ma deve aver preesistito nel liquido che premeva contro di essa, quand' era chiusa.

Si osservi poi ancora che a codesta conseguenza si può giungere senza un tale artifizio dell' aprir la chiave, quando si consideri ciò che comunemente diciamo lo stato di equilibrio in che deve trovarsi quel velo liquido, il quale stando alla sommità della colonna liquida penetrata nel manometro, tocca l' aria in esso rinchiusa. Sogliam dire allora che la pressione esercitata dal disotto all' insù da quel velo liquido contro l' aria esser deve eguale, in intensità alla pressione che, in opposto verso, si esercita dall' aria stessa, per la sua forza espansiva. Or bene, se quest' ultima corrisponde alla forza viva di proiezione delle molecole d' aria che urtano quel velo liquido, è necessario che corrisponda del pari ad una forza viva d' impulsione la pressione spiegata dal liquido contro l' aria.

9. Le precedenti dichiarazioni parranno anche al lettore, come sembrano a me, così semplici ed ovvie, da non meri-

(1) Fu appunto per rendere possibile un sufficiente gitto di liquido, senza svigorire gran fatto la pressione nel liquido residuo, che si disse sopra d' usare un tubo manometrico abbastanza capace nel senso della sua sezione trasversale.

tare la pena per me di esporgliele e per lui di ascoltarle. Eppure s'ei vorrà rovistare anche i più recenti trattati elementari di fisica, italiani e francesi, si persuaderà che le dichiarazioni stesse, se non hanno il pregio della novità (poichè sgorgano immediate dai principii della termodinamica), hanno almeno il pregio dell' opportunità. Queste nozioni s'incontrano bensì in alcuni lavori di fisica matematica d' Inghilterra e di Germania, e sono anche di volo toccate nella pregevole opera del padre Secchi: *Su l'unità delle forze fisiche*, a pag. 41. Ma ciò che ora importa è, che esse penetrino nell' insegnamento elementare della scienza; e si armonizzi così, come diceva più sopra, la dottrina dell' equilibrio nei fluidi liquidi con quella dei fluidi aeriformi (1).

Se qui non fosse fuori di luogo, potrei pur indicare come tutto il linguaggio relativo agli altri argomenti d' idrostatica non accennati sopra, possa e debba essere riformato, ove non vogliasi cadere in contraddizione coi principii fondamentali della scienza moderna. Così, ad esempio, anche dalle dimostrazioni sperimentali che soglionsi dare dei principii di Pascal (2) e d' Archimede, e dalla comune teorica degli effetti del sifone (3) e delle trombe aspiranti si può direttamente desumere lo stato dinamico delle interne mole-

(1) Io feci qualche cenno su lo stato dinamico delle molecole liquide rispetto all' esercizio delle pressioni anche nella Nota *Su la evaporazione e la diffusione dei liquidi*, da me letta all' Istituto lombardo nel Giugno 1864, e nelle mie *Lezioni su le condizioni fisiche dell' elasticità*. (Pavia, 1867), pag. 53 a 55.

(2) Nel torchio idraulico, basato sul principio di Pascal, è evidente che il liquido interno, nel mentre, come suol dirsi, trasmette la pressione dall' embolo motore all' embolo resistente, dev' essere con ogni sua parte in atto di alternativi moti elastici di condensazione e di espansione, in corrispondenza ai moti di gravitazione e di calore delle sue molecole.

(3) Nel caso del sifone è ovvio riconoscere che il moto effettivo di salita del liquido nell'un ramo di esso deve rispondere ad altro effettivo movimento, e che perciò, tanto la pressione atmosferica operante su la superficie del liquido da travasare, quanto ancora la pressione idrostatica che da essa consegue, e diretta prima dall'alto al basso nel liquido esterno, e poi, per reazione, dal basso all' insù nel ramo immerso del sifone, sono la manifestazione di altrettanti movimenti attuali delle molecole aeree e liquide.

cole di una massa liquida, e riconoscere che una pressione idrostatica corrisponde sempre, al pari della pressione di un gas, ad una forza viva, capace di trasformarsi in lavoro.

10. Ho accennato sopra che la coesione di un liquido è pur essa una manifestazione di un' energia fisica, che chiamai gravitazione molecolare, per indicare che ad essa corrisponde, non soltanto uno sforzo, ma ancora un effettivo movimento. Ora, a confermare indirettamente quel concetto, ed a schiarirlo con forme sperimentali, gioverà fare qualche parola sulle condizioni fisiche della viscosità nei liquidi.

Sono ben note l' esperienze per le quali si riconosce la differenza che è tra viscosità e coesione di un liquido. Mentre quest' ultima può essere misurata dallo sforzo necessario a determinare il distacco di un disco di vetro, o di altro solido bagnabile, dalla superficie di un dato liquido, si argomenta invece la viscosità dal tempo che trascorre perchè il distacco stesso si effettui, raggiunto che siasi lo sforzo limite di coesione. Poichè codesto tempo rappresenta la resistenza opposta dalle molecole del liquido viscoso al loro scorrere le une su le altre ; laddove la coesione corrisponde alla resistenza al discostamento reciproco dei centri di gravitazione delle molecole.

Codesta resistenza al ruotare o scivolare delle molecole le une in su le altre venne opportunamente dai fisici chiamata *forza d' orientazione molecolare*, supponendo che ciascuna molecola abbia un asse di figura, e che gli assi delle singole molecole influiscano gli uni in su gli altri per assumere una determinata direzione rispettiva. Ora ecco uno di que' casi in cui suolsi concepire uno sforzo fatto tra due parti di un corpo, senza supporre tra esse un movimento qualsiasi. Ebbene, parmi in questo caso facile una spiegazione puramente meccanica del fenomeno.

Se noi ammettiamo che le molecole, così dei liquidi come dei solidi, abbiano un proprio movimento, corrispondente alla loro temperatura, potremo anche supporre che codesto movimento termico, se non in tutto, in parte almeno, corrisponda ad un effettivo movimento di rotazione delle singole molecole intorno ad un loro asse di figura, oppure

ad un movimento complessivo delle molecole costituenti un gruppo molecolare attorno ad un asse di figura del gruppo stesso. Ciò posto, e ritenuto il legame di coesione che è tra molecola e molecola, o tra gruppo molecolare e gruppo molecolare, cosicchè quelle o questi formano nel senso meccanico un sistema di punti fisici, si dovrà di necessità ammettere che in codesto sistema i singoli assi di rotazione delle parti opereranno per ridursi tra loro paralleli e di concorde verso: e questa azione reciproca sarà tanto più efficace quanto maggiori saranno le velocità di rotazione delle parti. Questo principio di meccanica fu già messo in evidenza anche sperimentalmente cogli ingegnosi apparecchi di Sire, di Foucault e di Bohnenberger, e trovò già importanti applicazioni. Ora, per chi abbia ben compreso questo principio, è lecito il dire che, se le molecole o i gruppi molecolari dei corpi solidi o liquidi manifestano una forza d' orientazione, dovranno essere in codeste parti effettive (attuali) movimenti di rotazione. In altre parole, pei liquidi che si manifestano viscosi, e pei solidi che manifestano azioni orientatrici molecolari, si dovranno ammettere corrispondenti moti rotatori intestini. Pertanto anche dal fatto della viscosità ne' liquidi si dovrebbe trarre un argomento a favore dello stato dinamico delle loro parti.

E poichè la viscosità nei liquidi e le azioni direttrici molecolari nei solidi decrescono coll' aumentare delle distanze molecolari, e quindi anche della loro temperatura, si potrebbe altresì inferire, o che la predetta azione direttrice degli assi di rotazione decresca d' intensità coll' aumentare delle rispettive distanze degli assi stessi, oppure che col crescere della temperatura diminuiscano le velocità di rotazione delle molecole, per far luogo ad una velocità di traslazione, rettilinea, la quale vediamo poi distintissima, nell' atto dell' evaporazione dei liquidi e nella azione espansiva dei fluidi aeriformi.

11. Quest' ultima deduzione sembra avvalorare il supposto che il moto di gravitazione molecolare sia anzitutto un movimento rotatorio, o vorticoso delle molecole gravi, siccome fu già sostenuto da altri fisici e matematici, tra i quali

ci piace annoverare il nostro Secchi (1). Se non che molti di costoro, in luogo di supporre un iniziale moto vorticoso della materia grave, amano meglio supporre un moto vorticoso generale di quel fluido imponderabile (etere) che si assume per ispiegare i fenomeni luminosi. Su le quali opinioni non voglio far qui alcuna discussione, bastandomi l'aver accennata una condizione fisica della viscosità nei liquidi.

Osserverò invece che le sostanze liquide più viscose, e che le sostanze solide, dove è più distinta la cristallizzazione, sono tra quelle che mal si prestano alla conduttività termica ed elèttrica, e sono pure tra quelle che meglio si prestano all'elettrizzamento collo strofinìo. Ora lo strato elettrico dei corpi rivela esso pure una orientazione polare delle loro molecole, epperò potrebbe fornirci un altro indizio di movimenti di rotazione nelle molecole stesse. Ed a questo proposito è poi rimarchevole che i corpi magnetici i quali sono metallici, e che i metalli i quali assumono più distintamente la polarità elettrica colle variazioni di temperatura, sono tra que' metalli in cui è più distinto l'aggruppamento cristallino; laddove i metalli meglio conduttivi sono quelli in cui è più distinta la duttilità.

Ma queste sono semplici congetture, che meritano un più accurato esame, e che io mi permisi di esporre, solo in quanto mi sembrano suscettibili di una disamina sperimentale.

---

(1) Veggasi la succitata opera del Secchi in più luoghi.

RICERCHE SULLA POLARIZZAZIONE DEL CALORICO DI 100° C. E SUL MOVIMENTO CHE ACCOMPAGNA LA PROPAGAZIONE DEL CALORE PER CONDUCIBILITA'; DI G. MAGNUS (1).

(Traduzione fatta da E. VILLARI)

Intorno alla natura del calorico si sono fatte nelle diverse epoche le più svariate supposizioni. Gli antichi riportavano tutti i fenomeni calorifici al fuoco, che essi consideravano come uno degli elementi. Però col risorgimento delle scienze fisiche si ritenne il calorico come un vero movimento. Tuttavia le idee d' allora erano confuse e quasi infantili. Così Bacone da Verulamio dice: il calore sembra essere un movimento che vien dimostrato dalla fiamma e dai liquidi bollenti i quali sono in continuo movimento; non che dalla produzione ed aumento del calore che ha luogo pel movimento del mantice e del vento.

Le idee del Newton (2) intorno il medesimo soggetto sono assai più esatte ed importanti. Egli nel quarto libro della sua ottica ove tratta delle *strie* del Grimaldi e dice, che essendo stato interrotto e per sempre dello studio di tale fenomeno si contenta di porre alcune quistioni le quali più tardi potranno esser d' aiuto ad altri osservatori.

Nella V. di tali quistioni si domanda:

(1) *Annalen von Poggendorff*. Bd. 134, s. 45, 1868.

(2) *Novum organon*. Vindemiatio prima: *de forma colidi*. Nella sua V. opera, 325 Londra 1778.

Se i corpi e la luce operano reciprocamente tra loro; relativamente ai corpi essi la emanano, la riflettono, la rifrangono e la diffrangono; relativamente alla luce essa li riscalda ed induce un movimento vibratorio nelle loro particelle che costituisce il calore.

Nella VIII. quistione si domanda:

Se tutti i corpi solidi emettono la luce quando sono riscaldati oltre una data temperatura, e se questa emanazione luminosa è ingenerata da un movimento delle loro particelle.

Nella XII. si domanda:

Se i raggi luminosi che arrivano sul fondo degli occhi inducono delle vibrazioni nella retina, che si propagano poscia per le fibre solide del nervo ottico fino al cervello e vi risvegliano l'impressione della luce.

E nella XVIII:

Se il calore esterno vien propagato per vibrazioni di un mezzo il quale è molto più sottile dell'aria e che rimane anche nel vuoto. Ed inoltre se questo mezzo è quel medesimo pel quale la luce vien riflessa e rifratta, e per le cui vibrazioni la luce porta il calore nei corpi, ed acquista quel mutamento di più facile riflessione e rifrazione? E se i corpi caldi trasmettono ai freddi che li toccano il loro calorico per mezzo di simili vibrazioni? E se questo mezzo è molto più sottile, più fine ed indefinitamente più elastico e mobile dell'aria? E finalmente se il medesimo mezzo non penetra tutti i corpi con facilità e si espande negli spazi celesti per la sua elasticità?

In queste proposizioni si vede bene che sono le basi della teoria delle ondulazioni; ed è per ciò tanto più da meravigliarsi che il Newton preferì a questa la teoria della emissione, lasciando così al suo concittadino Thomas Young l'onore di ristabilire al principio di questo secolo la teoria di Huyghen fondandosi sullo studio delle *strie* del Grimaldi. E forse sarebbero stati vani gli studi di Young per fare accettare la teoria delle ondulazioni se non fosse sopravvenuta la scoperta della polarizzazione della luce; la quale dette origine agli stupendi lavori del Fresnel i quali misero fuori ogni contestazione il movimento ondulatorio della luce.

Le idee espresse dal Newton intorno la luce furono pel calore trovate anche meno applicabili. La ipotesi del flogisto aveva già cominciato a confondere le menti ed aveva data occasione alle più strane ricerche intorno la vera essenza del calore. Dopo le esperienze del Lavoisier la chimica aveva preso nuovo vigore e nuova importanza, per cui tenendo conto del calorico specifico e del calorico latente dei corpi si credette ad una combinazione chimica dei corpi con una sostanza termica ideale. E quantunque molti abbiano dubitato dell'esistenza di una tale sostanza tuttavia nessuna teoria aveva potuto trionfarne. E solamente ora, dopo i recenti lavori del Melloni, che dimostrò l'analogia tra i raggi luminosi e calorifici, e quelli del Forbes il quale dimostrò che i raggi calorifici si polarizzano in un modo perfettamente analogo ai luminosi, si ritiene per sicuro che la propagazione di questi due agenti della natura ha luogo in un modo completamente simile. Queste vedute sono anche ultimamente state confermate dal Knoblauch che con accuratissime ricerche dimostrò l'interferenza dei raggi calorifici. La somiglianza tra il calorico e la luce si scorge però solo nella loro propagazione: singolari e senza analogia nella luce sono i fenomeni della conducibilità calorifica, e del calorico specifico e latente dei corpi. Nulladimeno non si può dubitare che anche la conducibilità tiene ad un movimento molecolare. Intanto relativamente alla natura di questi movimenti non si hanno che le ipotesi le più svariate perchè mancanti di ogni fondamento sperimentale. Le seguenti ricerche potranno forse portare qualche schiarimento in una simile quistione.

Maniera di sperimentare.

In una memoria *Sulla polarizzazione del calorico e sul suo passaggio per lastre parallele* (1) ho dimostrato che il calorico irradiato obbliquamente da una lastra di platino levigata in parte emana dalla sua superficie ed in parte proviene dal suo interno, giacchè una parte di esso calorico è polarizzato. Il calorico poi è polarizzato in modo che il suo piano di polarizzazione serba

(1) *Pogg. Ann.* Bd. CXXVII s. 600.

alla irradiante la medesima posizione che il piano di polarizzazione della luce rifratta tiene relativamente alla superficie rifrangente: per cui è probabile che la parte polarizzata del calorico emerso lo sia per rifrazione. E siccome questa polarizzazione segue le medesime leggi della luce, così se ne inferisce che la propagazione del calore nell'interno del corpo ha luogo come per la luce, cioè a dire, per vibrazioni trasversali. Di già nella memoria citata fu espressa l'idea che la conducibilità del calorico avesse eziandio luogo per movimenti consimili. Una tale supposizione però veniva solo suggerita da ciò che il movimento che si chiama calorico non può essere di due specie, e quindi se la sua propagazione per l'aria pel vuoto o per qualsivoglia altra sostanza diatermana ha luogo per oscillazioni trasversali anche la sua propagazione per sostanze adiatermane, cioè la sua conducibilità, deve farsi per movimenti analoghi.

Questa però non è che una semplice ipotesi, giacchè potrebbe darsi che solamente il calorico luminoso e non l'oscuro fosse polarizzato. A risolvere adunque una tale quistione bisognerà stabilire se il calorico che viene emanato obbliquamente ed a temperature anche assai basse sia o no parzialmente polarizzato, imperciocchè in quest'ultimo caso il calorico verrebbe in parte emesso dall'interno del corpo nel quale devesi allora evidentemente propagare per oscillazioni trasversali.

Di già il La Provostaye e Desains (1) hanno ottenuto del calorico polarizzato proveniente da una lastra di platino riscaldata ad una temperatura inferiore all'arroventamento. Le loro ricerche furono eseguite con lastre di platino platinato riscaldate fra 330° e 360° C. ed ottennero una polarizzazione assai distinta abbenchè, come essi medesimi riferiscono, meno intensa di quella che s'ottiene col platino levigato. Le mie ricerche più sopra citate dimostrano che il calorico proveniente da lastre di platino roventi e perfettamente platinate non mostra traccia di polarizzazione; per cui è probabile che le lastre adoperate dal La Provostaye e Desains non fossero completamente platinate. I citati Autori non ci dicono nulla intorno la spiega-

(1) *Ann. de chim.* III, sez. XXVIII, 252.

zione della polarizzazione del calorico, ed è altresì impossibile concludere, adoperando superficie ruvide, che la polarizzazione del calorico dipenda dalla rifrazione sua in quanto essa proviene dall' interno. Ne segue adunque che le ricerche dei fisici citati, abbenchè interessantissime per loro stesse, non possono nulla giovare nella quistione che trattiamo. Egli era perciò necessario di fare delle nuove ricerche onde stabilire se anche quel calorico proveniente da corpi a bassa temperatura, p. e. inferiore a 100° C., sia tuttavia polarizzato.

Gli analizzatori fin' ora adoperati per osservare la polarizzazione del calorico consistono in cristalli birifrangenti od in pile di lastre di mica. Tali sostanze però nel nostro caso non possono adoperarsi, imperciocchè esse non sono attraversate dal calorico oscuro. Rimane adunque solo l' analizzatore a riflessione pel nostro scopo: siccome però dei raggi incidenti sullo specchio solo una porzione vengono riflessi, così per poterli misurare bisognarono alcune regole e precauzioni che si tennero di mira nella costruzione dell' apparecchio adoperato.

Descrizione dell' apparecchio (1).

L' apparato consiste essenzialmente in uno specchio od analizzatore di vetro annerito, ed in un apparecchio calorifico. Quest'ultimo consta di un prisma di latta a base triangolare, fissato sopra un sostegno verticale di legno in maniera da avere la faccia inferiore orizzontale e la superiore rivolta verso lo specchio ed inclinata di 35° all'orizzonte. Questo prisma viene riscaldato a 100° da una corrente di vapore d' acqua che vi arriva per un tubo e ne sorte per un altro. Il calorico emesso dalla faccia inclinata del prisma passa attraverso tre lastre forate tutte secondo la medesima linea orizzontale e va così a cadere in un fascio di raggi paralleli sopra lo specchio di vetro incentrato coi fori. Lo specchio ha un duplice movimento; esso cioè si può inclinare più o meno sulla linea dei fori e può

(1) Diamo qui in succinto la descrizione dell'apparato onde evitare la costruzione della tavola più tosto intricata che accompagna la presente memoria.

altresì ruotare intorno a questa linea rimanendo sempre incentrato con la medesima. Due indici servono a misurare il doppio spostamento dello specchio. Una termo-pila munita del suo cono fissata sopra un' asta può più o meno inclinarsi sullo specchio e ricevere i raggi calorifici riflessi da questo. Una grossa scatola di cartone chiude lo specchio e la pila senza impedire i loro movimenti. Finalmente la pila è unita ad un galvanometro a sistema astatico, munito d'uno specchio nel quale si guarda con un cannocchiale una scala divisa.

Modo di sperimentare.

Nello sperimentare si teneva conto solo della deviazione impulsiva del galvanometro. Potrebbe forse per avventura sembrare più sicuro di misurare la deviazione definitiva; tuttavia il gran tempo che sarebbe stato allora necessario d' aspettare cagionava degli errori derivanti dal riscaldarsi di tutta la pila, non che dell' aria contenuta nell' interno della scatola. Laonde si è in queste ricerche tenuto conto delle sole deviazioni impulsive, tanto più che i numeri corrispondenti ad una medesima osservazione più volte ripetuta concordano (come si vedrà più tardi) fra loro per quanto poteva aspettarsi da consimili ricerche.

Il vaso che forma la sorgente calorifica poteva girarsi intorno da rivolgere la sua superficie irradiante, o verticale e rivolta a destra, od orizzontale e rivolta in alto, o verticale e volta a sinistra, o finalmente orizzontale e rivolta in basso. Per ciascuna di tali posizioni si osservava l'ampiezza delle oscillazioni dopo che si era contemporaneamente piegato lo specchio verticalmente a sinistra, orizzontalmente in alto o verticalmente a destra. La costruzione dell' apparato impediva allo specchio di rivolgersi orizzontalmente in basso.

In ognuna delle tre disposizioni dell' apparato si eseguivano rapidamente tali misure e si prendeva la media di esse. Ora con la medesima posizione dello specchio sarebbe stato da aspettarsi i medesimi valori nelle misure tanto con la superficie irradiante rivolta in alto quanto con la medesima rivolta in basso. Ciò non pertanto, anche evitando tutti gli errori possibili, le indicazioni nel primo caso erano sempre maggiori che nel secondo. E

ciò dipende manifestamente da che durante queste ricerche il soffitto della stanza era sempre più caldo del pavimento a cagione della corrente d'aria calda che si solleva dal vaso irradiante e dal vicino pallone ripieno d' acqua bollente. Per cui il soffitto irradiava più calorico che le pareti ed il suolo della stanza; di questo calorico una parte veniva riflesso dalla medesima superficie irradiante ed insieme a quello da questa emanato arrivava alla pila. Laonde quella differenza d' indicazioni di cui si parla deve essere, come il fatto lo prova, maggiore quando si adopera una superficie irradiante metallica e levigata, imperciocchè in queste il potere irradiante è piccolo ed il reflettente è assai forte. Aggiungiamo altresì che nella stagione invernale, nella quale vennero eseguite le ricerche di cui si tratta, il muro esterno con la finestra della stanza aveva sempre una temperatura diversa dal muro opposto per cui fu necessario, per evitare la loro diversa influenza, di riparare da loro il vaso irradiante con due grossi diaframmi posti ad un mezzo metro da esso. Ho voluto indicare queste disposizioni al solo scopo di mostrare di quali e quante precauzioni bisogna far uso in tali ricerche.

Osservazioni.

Se il calorico emanato a 100° non fosse polarizzato allora, astrazion fatta da ogni errore, dovrebbero essere sempre eguali i valori ottenuti con qualunque posizione della superficie irradiante e dello specchio analizzatore. I numeri però qui appresso registrati lasciano scorgere chiaramente, che le deviazioni galvanometriche sono sempre più piccole quando la perpendicolare della superficie irradiante coincide col piano di riflessione dello specchio, ovvero per esprimermi con più brevità, sebbene con minore esattezza, sia quando i piani d'irradiazione e di riflessione sono paralleli, che quando essi sono tra loro perpendicolari. Ne segue adunque che il calorico irraggiato è in parte polarizzato e che il piano di polarizzazione, come nel caso delle lastre roventi, è perpendicolare alla superficie che passa pel raggio emanato e per la normale, piano che potrebbe chiamarsi di irradiazione.

Per ottenere deviazioni galvanometriche di una sufficiente

intensità con l'apparecchio adoperato non potevansi adoperare dei diaframmi a fori molto ristretti, nè d'altronde potevasi tenere a grande distanza la sorgente calorifica dallo specchio. Laonde i raggi calorifici provenienti dai diversi punti della sorgente calorifica non arrivano sullo specchio parallelamente tra loro, per cui fu impossibile fin' ora poter determinare con esattezza l'angolo pel quale si ha il massimo di polarizzazione.

E se si ammette che le deviazioni galvanometriche sono proporzionali alle quantità di calorico, ne segue che i valori trovati corrispondono al rapporto tra il calorico polarizzato e quello emanato. Imperciocchè nell'idea che lo specchio, nelle due posizioni che esso prende, non riflette che il calorico polarizzato ne segue che il calorico totale irradiato è proporzionale alle quantità riflesse nelle due posizioni, e la quantità polarizzata è proporzionale alla differenza di queste due quantità.

Le prime ricerche furono eseguite servendosi della lastra di latta del vaso stesso come corpo irradiante. Nella seguente tabella sono registrati i valori di tre serie di ricerche eseguite. Nelle prime sono riportate le osservazioni originali per mostrare quanto queste variano dalle medie calcolate di poi. Quindi si soprammesse alla faccia di latta irradiante una lastra di rame levigata e poscia, invece di questa, una di alluminio egualmente levigata. Nel provare la lastra d'alluminio s'ebbe lo scopo di osservare se i metalli di diverso peso specifico mostrano o no diversità nel loro potere polarizzante e quindi nel loro potere rifrangente. E finalmente nella stessa tabella sono ancora registrate le medie dei valori ottenuti con queste lastre.

Superficie irradiante.

Superficie irradiante	Specchio analizzante	METALLO LEVIGATO								
		LATTA						RAME	ALLUMINIO	
		Serie di ricerche			I.	II.	III.		I.	II.
					media	media	media	media	media	media
Orizzontale in sopra	Sinistro .	9,0	8,5	9	8,75	7,4	9	9,2	3,7	7,6
	Orizzontale	4,5	5	5	4,8	3,7	6,5	6,8	4	4,1
	Destro. .	8,0	8,5	9	8,5	7,25	9,2	8,7	7,2	6,6
Verso sinistra	Sinistro .	3	3,75	4	3,5		3	2,8	1,6	2,25
	Orizzontale	5	5	5	5	3,4	5,5	3,1	3,3	4,5
	Destro. .	4,5	5	4,25	4,5	2,1	3,6	2,6	2,1	2,9
Orizzontale in sotto	Sinistro .	6,25	6	6,5	6,25		5,2	3,1	4,5	4,3
	Orizzontale	4	4	4	4	2,75	3	2,1	2,8	2,7
	Destro. .	5,5	6	5,75	5,75	5,2	6	3,75	4,9	4,6
Verso destra	Sinistro .	3,25	3	3,5	3,25	4,5	2,6	2,6	2,8	3,2
	Orizzontale	5	4,5	5	4,8	4,6	5	3,1	4	3,9
	Destro. .	4,25	3,25	3,25	3,6	2,3	2,8	2,75	3,1	2,8
Media quando i piani di riflessione e d'irraggiamento sono. . . . perpendicolari					6,4	5,57	6,65	5,16	5.2	5,3
" " paralleli . .					3,96	3,07	3,58	3,27	2,7	3
Calorico totale.					10.42	8,64	10,23	8,43	7,9	8,3
Parte polarizzata.					2,50	2,5	3,07	1,89	2,3	2,3
La parte polarizzata è il.					24 %	29 %	30 %	22,4 %	29 %	28 %
In media. . . .						27 %		22,4 %	28,5 %	

Poscia si messe sulla superficie irradiante una lastra trasparente di vetro grossa 1mm. Manifestamente la temperatura della faccia esterna di questa lastra di vetro era inferiore a quella della parete metallica su cui poggiava e dalla quale prendeva il suo calorico. Ciò non ostante la quantità di calorico che essa emanava era molto maggiore di quella emanata dalla lastra metallica. La maggiore irradiazione del vetro non può dipendere da una irradiazione di tutta la sua massa im-

perciocchè è conosciuto, per le ricerche del Melloni, che il vetro è opaco pel calorico di 100°. Quest' azione più forte del vetro proviene unicamente dal suo maggiore potere emissivo.

Superficie irradiante. Vetro trasparente.

Superficie irradiante	Specchio analizzatore	SERIE DI RICERCHE I.				II.	III.
					media	media	media
Orizzontale in sopra	Sinistro .	44	43,5	43,25	43,6	39,3	47,25
	Orizzontale	35	35	34,75	34,9	33	36,25
	Destro. .	42	42,5	42	42,2	42,7	45,25
Verso sinistra	Sinistro .	35	35,25	35	35,1	30,2	36,3
	Orizzontale	42	42,25	42	42,2	36,5	45,3
	Destro. .	34,5	34,25	34,5	34,4	32,7	35,2
Orizzontale in sotto	Sinistro .	44	43,75	44	43,9	39,5	45,41
	Orizzontale	35,5	35,5	35	35,3	33,5	36,8
	Destro. .	43	43	43	43	42,2	43,5
Verso destra	Sinistro .	35,25	36	35,5	35,6	31,3	35,7
	Orizzontale	42,75	42	42	42,2	37,1	43
	Destro. .	35,5	35	35,5	35,3	31,8	35,7
Medie quando i piani d'irradiazione e riflessione sono . . . . perpendicolari					42,8	39,5	44,95
" " paralleli. . .					35,1	32,1	35,99
Calorico totale					77,9	71,6	80,94
Parte polarizzata					7,7	7,4	8,96
Proporzione della parte polarizzata					9,9 p.c.	10,3 p.c.	11,1 p.c.
In media. . . 10,4 p. c.							

I numeri mostrano che il calorico irradiato dal vetro sotto l'angolo di 35° è polarizzato in un piano perpendicolare al piano di riflessione, come coi metalli. Per allontanare inoltre ogni supposizione di una irradiazione dell' interno si sostituì la lastra precedente con una di vetro nero e perfettamente opaca. I risultati che così si ottennero sono i seguenti.

Superficie irradiante	Specchio analizzatore	VETRO NERO					
		Serie di ricerche I.				II.	III.
					media	media	media
Orizzontale in sopra	Sinistro .	44,5	46,25	45	45,2	36	42,1
	Orizzontale	34,7	35	35	35	27,7	34,7
	Destro. .	44	44,5	44,5	44,3	33,8	45
Verso sinistra	Sinistro .	34	34	33	33,7	28	34,5
	Orizzontale	44	43,5	44,25	44	34,5	42
	Destro. .	34,75	35	34	34,6	26	35,7
Orizzontale in basso	Sinistro .	45	45	45	45	35,5	42
	Orizzontale	34	35	34	34,3	27,5	35,5
	Destro. .	44,5	45,5	44	44,7	33,6	45,2
Verso destra	Sinistro .	35	35,5	36,5	35,6	27,5	33,7
	Orizzontale	44	43,5	44,25	44	34,2	42,3
	Destro. .	34,75	34,5	35	34,75	26,8	36,3

	I.	II.	III.
Medie quando i piani di irradiazione e riflessione sono. . . . . perpendicolari	44,8	34,6	43,1
” ” paralleli. . .	34,6	27,2	35,1
Calorico totale.	79,4	61,8	78,2
Parte polarizzata	10,2	7,4	8,0
La parte polarizzata è il.	12,9 p.c.	12,0 p.c.	10,3 p.c.

In media. . . 12,4 p. c.

La concordanza di questi numeri con quelli ottenuti con la lastra trasparente è una nuova dimostrazione che il vetro trasparente non è meno adiatermico pel calorico di 100° che il vetro nero ed opaco, e che entrambi i vetri posseggono assai prossimamente eguale potere irraggiante. Se la polarizzazione del calorico irradiato dipende (come è indubitabile) dal perchè una parte dell'irradiazione viene dall' interno e nell'emergere alla superficie si rifrange, ne segue che nel caso che la superficie fosse completamente rugosa la rifrazione avverrebbe secondo ogni direzione e quindi non ci sarebbe da osservare nessuna polarizzazione. Perciò mi sembrò interessante di ricerca-

re, come si modifica la polarizzazione quando invece di una lastra di vetro levigata se ne adoperi una spulita. La lastra ruvida era dello stesso vetro e della medesima grossezza di quella levigata precedentemente adoperata. La polarizzazione ottenuta, come risulta dai seguenti numeri, è assai minore che con la lastra levigata, tuttavia essa è sempre assai sensibile. Egli era perciò da supporsi che in questo caso il vetro non fosse stato sufficientemente ruvido: io la sostituii adunque con una sostanza completamente ruvida cioè con un pezzo di panno il quale venne incollato sopra una lastra di latta e fissata sulla superficie del vaso irradiante.

Superficie irradiante.

Superficie irradiante	Specchio analizzatore	SUPERFICIE IRRADIANTE			
		Vetro ruvido		Panno nero	
		media	media	media	media
Orizzontale in alto	Sinistro . .	40,2	44,8	41,5	42,5
	Orizzontale.	35,3	38,7	41,7	41,5
	Destro. . .	38,8	42,3	39,8	41,5
Verso sinistra	Sinistro . .	34,8	38,1	39,7	42,9
	Orizzontale.	37,5	42,6	39,7	41,8
	Destro. . .	34,5	37,1	39,2	41,4
Orizzontale in basso	Sinistro . .	38,8	43	40	43,4
	Orizzontale.	34,5	37,4	39,2	41,8
	Destro. . .	38,7	41,6	40	42,3
Verso destra	Sinistro . .	34,3	37,3	40,5	42,25
	Orizzontale.	38	42,2	38,8	41
	Destro. . .	34,2	38	40	41,4
Media quando i piani di irradiazione e riflessione sono . .	perpendicolari	38,6	42,7	39,97	42,1
	paralleli . .	34,6	37,7	40,05	41,9
Calorico totale		73,2	80,4	80,02	84,0
Parte polarizzata		4,0 5,5 p.c.	5,0 6,2 p.c.	— 1,92	0,2

Il panno ruvido non lascia, come si rileva da questi numeri, riconoscere nessuna polarizzazione, il che è una conferma che il calorico emanato in parte proviene dall' interno dei corpi e che alla loro superficie viene per rifrazione in parte polarizzato.

La propagazione nell' interno dei corpi fino alla superficie si può riguardare come un irraggiamento; il quale allora avrebbe luogo che in tutti i punti nello interno dei corpi atermani. Egli è infatti conosciuto che i metalli, come l' oro, l' argento, in sottilissime foglie sono diatermici. Knoblauch ha dimostrato questo pel calore luminoso; pel calorico di 100° C. e per le temperature inferiori, come era quella delle lastre qui adoperate, non vi sono osservazioni.

Irradiazione dei liquidi.

Egli era interessante di osservare se i liquidi si comportassero analogamente, e se il calorico da essi emanato sotto un piccolo angolo fosse polarizzato. Per tali esperienze la disposizione descritta dell' apparato non poteva adoperarsi, perchè la superficie irradiante del liquido non poteva essere che quella di livello; sostituii adunque al vaso irradiante una cassetta di latta aperta e contenente il liquido da esaminare: essa era fissata sopra una simile cassa di ferro chiusa e riscaldata a 100° da una corrente di vapor d' acqua. Lo specchio analizzatore poi insieme a tutte le parti accessorie venne posto sopra una superficie a 35° inclinata all' orizzonte in modo che poteva ricevere i raggi calorifici emanati dalla superficie liquida.

Per verificare poi l' esattezza di questa nuova disposizione dell' apparato ripetei le esperienze con la lastra di latta e con quella di vetro messa in fondo alla cassa di latta non ripiena ancora di liquido ed ottenni i medesimi risultati che precedentemente.

Il numero dei liquidi che possono adoperarsi è oltremodo ristretto imperciocchè sono servibili solo quei liquidi i quali bollono al di là di 100° C. e che a questa temperatura altresì non producono molti vapori da impedire l' irraggiamento. Non solamente l' alcool amilico, che bolle a 120° C., ma ancora l' ani-

lina che bolle a 180° C. non possono adoperarsi a cagione della nebbia che producono. Le esperienze si limitarono perciò al mercurio, agli olii grassi, alla glicerina , alle resine fuse, alla paraffina e ad altre sostanze consimili.

Una particolare difficoltà presentano inoltre i liquidi e si è che quando sono riscaldati non hanno più la loro superficie così levigata come quando essi sono freddi. Ed in vero se il liquido ha una temperatura solo un poco superiore a quella dell' aria circostante, allora le immagini da essa riflesse non riescono più nitide; perchè mentre il calorico viene emesso continuamente dalla superficie le particelle raffreddate discendono in basso per dar luogo ad altre più calde che montano in alto: per cui si producono dei movimenti, i quali in verità sono piccoli, ma perchè in alcuni punti sono più intensi che in altri, ne segue che la superficie non riesce più perfettamente levigata. Ai numeri adunque così ottenuti non si può prestare intiera fiducia; ciò non ostante dall' insieme dei risultati ottenuti con i liquidi citati si può ricavare che il calorico irradiato dai essi è in parte polarizzato.

Col mercurio la polarizzazione è per lo meno così forte che coi metalli solidi sopra ricordati, cioè in una ricerca si è ottenuto il 32 % in un' altra il 32,2 % di calorico polarizzato. Per lo contrario gli altri liquidi hanno dato valori minori:

Olio di ravizzoni	6,17 per cento 5,11
Colofonia	7,26
Cera bianca	7,3
Glicerina	5,61
Paraffina	5,0

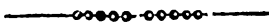
Per osservare se la trasparenza ha avuta una influenza su questi risultati misi, nella capsula che conteneva il liquido, ora una lastra metallica levigata ed ora una ruvida e nera, ovvero annerivo il fondo stesso della cassa. In tutti questi casi si otteneva sempre pei medesimi liquidi i medesimi risultati; per cui si conclude che il potere irraggiante del fondo del vaso è senza influenza sui risultati delle nostre esperienze, e che quindi i li-

quidi adoperati sono atermani pel calorico di bassa temperatura quale fu quella da noi adoperata.

Riunendo insieme i valori ottenuti si ha:

Sostanze	Parte polarizzata del calorico irradiante sotto l'angolo di 35°.
Latta	27,6
Rame	22,4
Alluminio	28,5
Mercurio	32,0
Vetro trasparente	16,4
Vetro nero	12,4
Olio di ravizzoni	5,64
Colofonia fusa	7,26
Cera bianca fusa	7,3
Glicerina	3,61
Paraffina	5,00

Da questi risultati si è autorizzati ad ammettere che le sostanze, sieno solide sieno liquide emanano calorico dalle loro superfici piane, il quale è in parte polarizzato quando emana dalla superficie irradiante sotto un angolo di 35°.

Ne segue adunque che nella propagazione del calorico nell'interno dei corpi si verificano delle oscillazioni trasversali lineari, od almeno dei movimenti le cui componenti perpendicolari alla direzione di propagazione producono il medesimo effetto che i raggi calorifici. Lo scopo di questo lavoro fu di stabilire sperimentalmente un tale principio fin ora forse supposto ma non mai stato dimostrato.

INTORNO ALLA GENESI DELLE FORME ORGANICHE IRREGOLARI NEGLI UCCELLI E NE' BATRACHIDI; RICERCHE DI LUIGI LOMBARDINI (1).

Esperimenti del Lereboullet, e studi recenti del Dareste.

Le prove che il Lereboullet ha eseguite sulle uova dei pesci (2) farebbero perfino dubitare, se gli agenti esterni abbiano virtù di promuovere per se stessi i vizi di sviluppo. Ei vide infatti, mostri d' ogni genere formarsi in quelle uova, quando nessun insolito agente era intervenuto nello sviluppo, nè le ordinarie condizioni della incubazione, avevano subìto sensibile cangiamento. Da un'altra parte, le uova di una medesima fecondazione assoggettate ad azioni diverse, dettero tutte lo stesso numero e le medesime forme mostruose. Mentre facendo subìre alle uova di varie fecondazioni le medesime influenze, non ottenne mai resultamenti uguali, nè rispetto al numero delle anomalìe, nè rispetto alle loro forme. I soli arresti di sviluppo contrassegnati dal mancare una porzione più o meno notevole del corpo embrio-

(1) *Continuazione.* Vedi pag. 186 di questo volume.

(2) *Expériences relatives à la production artificielle des monstruosités dans l'œuf du Brochet* — *Comptes rendus*, T. LIV, 1862. Vedi anche: *Recherches sur les monstruosités du Brochet* — *An. des Sc. nat.* 4. série T. XX, 1863.

nale, potevano essere attribuiti alla influenza degli agenti esteriori. Di guisa che ei trasse da quelle prove conchiusioni non molto confortevoli; tra le quali debbo ricordare le seguenti:

1. Non esser provato che le mostruosità in generale, siano cagionate dalle influenze che gli agenti esteriori hanno puluto esercitare sulle uova.

2. Le sole modificazioni che sembrano dovute qualche volta all' azione di quegli agenti, sono arresti di sviluppo, deformazioni e atrofie,

3. Non è quindi possibile.... stabilire in modo positivo la causa delle mostruosità.

4. Questa causa potrebbe essere inerente alla costituzione primordiale dell' uovo, e non dependere in alcuna maniera da condizioni esteriori.

Tali conchiusioni non hanno bisogno di commenti.

Il Dareste, continuando le proprie ricerche, ha dipoi studiato: (*a*) Le deformazioni dell' arêa vascolosa. (*b*) L' inversione dei visceri. (*c*) Le condizioni per le quali si produce il *nanismo*. (*d*) Il modo di formazione dei mostri anencefali (1).

(a) Deformazione dell' area vascolosa.

Negli apparecchi d' incubazione artificiale, ove l' uovo riceve il calore da un solo lato, in difetto di coincidenza tra la zona dell' uovo più prossima alla sorgente calorifera e quella ove l' embrione deve svilupparsi, determina un mutamento di figura dell' area vascolosa; la quale, nella vece di un circolo, forma una ellisse: mentre l' embrione acquista una positura eccentrica. Cotale deformazione dell' area vascolosa, è sempre preceduta da una anomalìa del blastoderma.

Nelle condizioni d' incubazione sopra dichiarate, le due metà della cicatricola si sviluppano in guisa assai ineguale; cosicchè l' area trasparente che si forma nel mezzo di quella, non tarda a divenire eccentrica. Lo sviluppo del blasto-

(1) *Comptes rendus*, Octobre 1864, Avril 1865, Juin et Septembre 1866.

derma avviene principalmente tra l'area trasparente e la sorgente del calore; mentre dall'altro lato dell'area rimane interrotto.

L' Autore asserisce d' aver prodotte quattro modificazioni dell'area vascolare ellittica, determinanti quattro positure diverse dell'embrione nell' area stessa così deformata. Del resto e' non dice qual relazione possano avere questi cambiamenti, colle anomalìe dell' embrione.

(b) Inversione dei visceri.

Le osservazioni del Dareste intorno a questo argomento risguardano soltanto l' inversione del cuore.

Egli afferma che la simmetria degli organi, tanto nello stato normale, quanto nello stato inverso, non è primitiva. Ella non incomincia a manifestarsi che a un dato periodo delle vita embrionale. Il cuore è il primo organo che diviene asimmetrico, in quel tratto dello sviluppo, nel quale il rudimento cardiaco (che dapprima era situato sotto la testa) incomincia a far prominenza in forma di ansa contrattile dal lato diritto dell' embrione. L' ansa cardiaca può formarsi tanto dalla detta parte, come a sinistra; nel primo caso si ha lo stato normale; nel secondo caso lo stato inverso. La interpretazione che il Dareste porge di tale anomalìa è la seguente.

Nei mostri a cuore doppio sonovi due anse cardiache contrattili situate ai due lati dell' embrione. Le quali anse si sviluppano talvolta siffattàmente, da poter essere rassomigliate ad anse cardiache di embrioni *normali*, *o inversi*. Queste anse prendon forma (come già Serres lo aveva sospettato) in due blastemi situati uno accanto all' altro nella regione inferiore della testa. Cosicchè il cuore sarebbe normale, o inverso, secondo che l' accrascimento di questi due blastemi procedono isocrono, oppure ineguale.

Cosiffatta maniera di sviluppo del vaso cardiaco, è di nuovo affermata in uno scritto che lo stesso Dareste pubblicò

l' anno scorso (1). Nel quale scritto la divisione primitiva delle masse elementari del cuore, è fatta dependere da alcune particolarità concernenti lo sviluppo dell' area vascolosa, cui (dice l'Autore) nessuno pose finora la dovuta attenzione. L' area vascolosa, nello stato primitivo, non comporrebbe adunque un cerchio completo, siccome lo descrivono gli embriologi. Per contrario, tal cerchio, nel luogo ove è volta la testa dell' embrione, appare come se ne fosse stato tolto un semmento che agguagli suppergiù un quarto della sua circonferenza. L' area vascolosa è allora terminata anteriormente da un orlo rettilineo che non oltrepassa l'orlo della fossa cardiaca; quello cioè formato dal ripiegamento del foglietto sieroso dietro la testa. Il semmento anteriore dell' area, che completa sul dinanzi il contorno circolare di questa, risulta dallo sviluppo successivo delle due porzioni destra e sinistra dell' orlo rettilineo: siffatte porzioni muovonsi l' una verso l' altra, alla maniera delle due metà di un compasso che avendo l' imperniatura sotto la regione cardiaca dell' embrione, siano spinte lentamente in avanti e ravvicinate al centro dell' area per modo, da lasciare tra mezzo un seno; il quale poi si chiude completamente, per effetto della loro graduale unione. Dacchè tale unione avviene dapprima soltanto fra le due estremità delle lamine, cioè nella fossa cardiaca e al dinanzi della estremità cefalica, al Dareste par di scorgere in questo fatto una causa probabile di certe anomalìe della testa; la quale può penetrare nella fessura lasciata dalle due lamine, e respingendo davanti a sè il foglietto mucoso del blastoderma, fare ernia nell' interno del vitello. La *dualità* primitiva del cuore, sarebbe quindi conseguenza immediata della dualità delle lamine anteriori dell' area vascolosa.

Ognuno comprende che il Dareste reputa bastevolmente chiarite due serie di fenomeni embriogenici, intorno a cui le opinioni dei fisiologi non sono pienamente concordi; voglio dire, la genesi del blastoderma, e quella del sangue e dei vasi che debbono accoglierlo. Ma dacchè lo studio di

(1) *Comptes rendus*, Octobre 1866. *Sur la dualité primitive du cœur et sur la formation de l'aire vasculaire dans l'embryon de la poule.*

tali fenomeni risguarda l' embriogenia normale, mi propongo tornarvi sopra in altro luogo.

(c) Intorno ad alcune condizioni della produzione del nanismo.

Rispetto al *nanismo*, il Dareste muove dallo stesso principio, di cui si giovò Isidoro Geoffroy Saint-Hilaire, per interpretare l' aumento straordinario della statura degli animali; cioè la discordanza tra i fenomeni di sviluppo e quelli d' accrescimento. Però mentre l' accrescersi del corpo fuori dell' usato, si riferisce ad anomalìe posteriori alla nascita, il *nanismo* è quasi sempre anteriore a questa. La causa del notato pervertimento pei fenomeni embriogenici, è riposta dall' Autore in un eccesso di temperatura durante l' incubazione. Tutti gli embrioni nani, ei dice, che ho avuto occasione di osservare, erano stati incubati a temperature di 42 a 43 gr. c.; per conseguenza superiori alla temperatura normale. Questa interpretazione è corretta; tuttochè pulcini nani si osservino eziandio in condizioni assai differenti da quelle di sopra accennate.

(d) Modo di formazione dei mostri anencefali.

Rispetto all' anencefalia, il Dareste conviene con Morgagni e Haller, che ella abbia ad esser prodotta da *idrope*. Ma e' crede che questi autori fossero usciti del segno, quando affermavano la stessa idrope aver forza di distruggere o meglio disgregare la polpa nervosa encefalica e rachidea; mentre in quella vece, ella non ha altro potere tranne d' impedire (como St.° Geoffroy e tutti coloro che hanno seguitato la teorica di lui asseriscono) che gli elementi organici accolti nelle vescicole cerebrali e midollari si compongano in materia nervosa.

L' anencefalia non è primitiva, ma proviene, secondo il Dareste, da *arresto di sviluppo* dell' area vascolosa: il quale arresto determina una diminuzione notevole dei globuli sanguigni, o l' *anemia*. D' onde poi il raccogliersi del siero in

quantità soverchia nelle vescicole cerebrali e midollari, e l' impedimento da esso arrecato allo sviluppo degli organi che in quelle vescicole avrebbero dovuto formarsi. Negli embrioni anemici che lo stesso Dareste ha esaminati, la idropisia non era circoscritta alle regioni notate di sopra; ma diffusa in quella vece, all' amnios, e talvolta l' intiero corpo ne pareva inzuppato. Questi embrioni non vissero mai più di otto giorni; nel mentre gli anencefali umani continuano pel solito a crescere fino alla nascita. Per tôr via la discordanza che appare tra questi due fatti, il Dareste ragiona in tal guisa: « I globuli che dapprincipio scarseggiano nel sangue degli embrioni idropici sono circolari, di quelli cioè che si formano nell' area vascolosa. Quando i globuli ellittici appariscono (dacchè questi hanno una origine differente) possono penetrare in grande abbondanza nel sangue, modificarne la composizione e far disparire l' anemia. Se la disorganizzazione generale non è giunta tant' oltre, il disordine potrà in parte almeno essere corretto e i fenomeni embriogenici riprendere il loro corso ordinario, tranne in quelle parti, come l' asse cerebro-spinale, che avranno subìti guasti irreparabili ». Questa ipotesi a dire il vero, è assai ingegnosa. Tuttavolta le si possono muover contro molte obiezioni. Prima di tutto non è dimostrato che l' idropisia proceda sempre da mutamenti sopravvenuti nella composizione del sangue. Per contrario, accade sovente che tutti i tessuti dell' uovo siano colti da tale malore, innanzi che l' area vascolosa divenga appariscente. Da un' altra parte, i globuli rossi scarseggiano talvolta nella detta area, e con tutto ciò nessun segno si appalesa, il quale ne additi un morboso accoglimento di sierosità, vuoi nel blastoderma, vuoi nell' embrione.

Qui porrei termine alla narrazione dei principali lavori pubblicati intorno alla genesi delle mostruosità, se il Dareste non avesse creduto che i fatti osservati da lui, siano un mezzo appropriato per determinare con esattezza l' errore della teorica di Morgagni e di Haller, della quale ho pôrto un cenno in principio. In questa teorica, come abbiamo veduto, si considerava il liquido accolto dentro l' asse rachideo, come la causa onde le particelle della materia nervosa venivano se-

parate e disciolte. Per la qual cosa St.° Geoffroy scriveva nella sua filosofia anatomica: « O non si è saputo in tempo, o questa riflessione sarà sfuggita, cioè che ogni cervello, che ogni midolla spinale, hanno un cominciamento il quale è lo stato permanente degli anencefali. Le membrane encefaliche sono dapprincipio piene di liquido acquoso; così questo liquido preesiste ad ogni materia midollare.... Si esamini un pulcino nel sesto giorno d'incubazione; si vedrà che rispetto al cervello raffigura un anencefalo; con una sacca molto distesa e piena di liquido acquoso nella regione cervicale. Cosa è dunque un anencefalo? Un essere nella cui regione cerebro-spinale, non si opera la trasformazione del primo versamento *organogeno:* un essere che conserva sempre le sue condizioni fetali in ciò che concerne uno dei prodotti organici: un essere infine nel quale questo prodotto.... rimane estraneo alla vita comune » (1).

Gli è facile scorgere che questa comparazione, in cui non si poneva in conto la interna costruttura dell'animale, è contraddetta dalla anatomia. Ed in vero, lo sviluppo del sistema nervoso incomincia nel pulcino verso la trentacinquesima o quarantesima ora della incubazione, e progredisce in seguito per guisa, che nel quarto giorno le sue parti principali sono bastevolmente appariscenti; sebbene esse conservino tuttavia la forma vescicolare primitiva, ed abbiano tanto sottili pareti, in special modo nella regione superiore o più esterna, che lasciano trasparire il liquido sieroso onde sono ripiene. Dal quinto al sesto giorno, tra'tutti gli scompartimenti dell'encefalo, quello dei corpi quadrigemini cresce più rigoglioso. Per la qual cosa, ci forma nella regione superiore posteriore della testa, una prominenza ovoide volta col suo maggiore diametro dal dinanzi in addietro. Assomigliando questa prominenza (che nei giorni seguenti appare grado a grado più piccola pel crescere che fanno le altre vescicole) alla sacca cervicale degli embrioni mancanti di cervello, non si abbadò che nelle condizioni ordinarie, lo sviluppo di quest'organo ha talmente progredito, che poco ci vuole per ri-

(1) Op. cit. *Des monstruosités humaines*, pag. 148 e 149, Paris 1822.

conoscerlo. Ma il Dareste facendo derivare l' anencefalia dei suoi embrioni da *arresto di sviluppo* dell' area vascolosa, corregge in parte, o almeno rende di niuno effetto, le inesattezze in cui St.° Geoffroy era caduto. Però la importanza dell' argomento, parmi avrebbe voluto ch' ei porgesse una chiara indicazione dello stato degli organi encefalici che ha servito di fondamento al diagnostico di quei mostri. Ma poichè tale indicazione manca nella nota del Dareste, io non vorrò per questo muover dubbio intorno alla esattezza delle sue osservazioni. Per contrario, i disordini che menano alle mostruosità anencefaliche, credo io pure possano principiare nel secondo giorno della incubazione, ed aver sembianza talvolta di semplice arresto dello sviluppo, al pari delle *ettromelie*. Ma nulla toglie che gli stessi disordini prorompano alquanto più tardi, quando cioè la formazione degli organi nervosi è da qualche tempo incominciata. Io ho già ricordate (pag. 191) le condizioni organiche che contrassegnano l' idrocefalo congenito, e detto quale sia la opinione di Todd e di Panum circa le cause dei versamenti cefalici e spinali. Ora se pongasi mente, che la materia nervosa si compone a poco a poco, con tutte le apparenze di una secrezione operantesi nella superficie interna delle vescicole rachidee primordiali, non parrà inconcepibile che l' idrocefalia, l' esencefalia, l' emiencefalia, l' anencefalia ec., possono avere in molti casi una comune origine. E perciò le loro respettive differenze, siano da attribuire sopra tutto al vario grado di sviluppo degli organi encefalici, nel momento in cui la materia liquida racchiusa in questi organi diviene eccedevole, o subisce un mutamento nella sua composizione elementare. Nè si vuol credere, questa opinione muova da considerazioni teoriche. Perciocchè in molte centinaia d' uova che io ho assoggettate ad azioni chimiche e meccaniche dal terzo al settimo giorno della incubazione, ho trovati molto spesso embrioni con idropisie parziali o generali, a cui s' erano aggiunte affezioni più o men gravi, del pericranio, dall' encefalo, della regione cervicale, degli occhi ec. Laddove lo sviluppo aveva durato fino al nono giorno, la vescicola dei corpi quadrigemini era molto sporgente; e la sottostante materia nervosa, alquanto guasta.

Ma quando la vita aveva cessato nel quinto o sesto giorno, io trovava spesso nel luogo del cervello un liquore denso e torbido. Quale fosse in ciascun caso la vera natura delle ricordate affezioni, vedremo meglio in seguito. Qui basti aggiungere, che alcune volte rimasi dubbioso s' elle non fossero effetti di putrefazione. Ma in generale, non si potevano in nessun modo raddurre a semplice *incompletezza di sviluppo.*

PARTE SECONDA

I.

Fenomeni irregolari dello sviluppo che non hanno legame necessario, nè con deformità embrionali, nè con mutamenti apportati nella incubazione dell' uovo.

(a) Falso rotamento dell' embrione.

La maniera onde le parti interne dell' uovo non incubato sono tra loro disposte, ha la propria ragione, come già sappiamo, nelle differenti densità delle parti stesse. Secondo Baudrimont e Martin Saint-Ange, tali densità sarebbero le seguenti:

Albume esterno.	1,0399	a	1,0421
Albume interno.	1,0421	a	1,0432
Vitello intiero	1,0288	a	1,0299
Vitello verso la cicatricola.	1,0266	a	1,0267
Vitello dal lato opposto . .	1,0310	a	1,0321.

Poichè la sfera vitellina si muove nell' albume, il riscontro delle cifre indicate ci assicura che in qualunque posizione dell' uovo, la cicatricola occuperà sempre la parte della detta sfera che è rivolta in alto. Non vuolsi credere però che ella debba rimanere costantemente nel centro di questa parte. Molte circostanze hanno virtù di modificare gli ordinari rapporti tra le diverse materie dell' uovo; per guisa

che l'organo d'onde prorompono le prime metamorfosi, si trovi più o meno discosto dalla così detta camera ad aria. Questo fatto che pare insignificante, non vuol esser messo in disparte nell'interpretare i disviamenti che gli organi embrionali possono subire nel primo periodo della loro formazione. Vediamo frattanto se il nuovo organismo in cui l'uovo lentamente si trasmuta, apporti nessun cambiamento nelle condizioni fisiche di sopra accennate.

Se la massa interna di un uovo nel terzo o quarto giorno della incubazione venga posta in un liquido la cui densità misurata coll'areometro, sorpassi di 9 a 10 gradi quella dell'acqua distillata, la massa stessa discende subito negli strati inferiori, ove acquista la forma di un'ampolla capovolta. In tali condizioni l'albume raffigura il collo, e il sacco vitellino il corpo dell'ampolla: l'embrione giace sopra un lato del fondo, accolto in una piega della parete vitellina: l'allantoide è sollevata leggermente colla sua porzione libera. Separando l'albume dalle rimanenti parti, queste salgono tosto negli strati superiori del liquido, senza perdere le primitive condizioni di equilibrio. Gli stessi resultati si ottengono dal secondo fino al qnattordicesimo giorno dello sviluppo.

La comparsa dell'embrione e degli organi destinati ad alimentarne la vita, non apporta dunque nessun cangiamento nella disposizione generale delle materie elementari dell'uovo (albume e vitello). Ma dacchè non è possibile che durante il lavorìo formativo le primitive densità di queste materie restino immutate, faceva mestieri studiarne i rapporti nei vari tratti della incubazione, ponendoli eziandio a riscontro colle densità degli organi che in quella si vanno formando. Per tal modo la economia dello sviluppo poteva essere con più facilità determinata. Le ricerche che io ho eseguite con tale intendimento sono assai numerose; tantochè il descriverle sarebbe lungo e stanchevole. Meglio vale porgerne in un prospetto i resultati generali e passare oltre sul resto. Una sola cosa vuol essere avvertita, cioè che sperimentando intorno a parti organiche assai delicate e difficilmente maneggiabili come quelle dell'uovo, non si può confidare di riprodurne

in cifre esatte i respettivi pesi specifici; non fosse altro, per la grande viscosità delle parti stesse e per la rapida evaporazione che subiscono alla temperatura ordinaria. Aggiungerò ancora che le condizioni anatomiche di un organo, sopra tutto la quantità di particelle grasse che contiene, apportano notevoli differenze nel suo peso. Laonde i computi raccolti nel prospetto che segue, vogliono essere considerati come i meglio approssimativi che io abbia potuto procacciarmi. Questo posso assicurare fratt anto, che non ho risparmiato alcuna diligenza, affine di eliminare da tali computi ogni causa di errore.

PROSPETTO GENERALE — Dens

Giorni della Incubazione	Lunghezza dell' Embrione	Massa interna dell' uovo			Porzione coerente dell'albume			Allantoide ed Amnios		
		Peso	Volume	Densità	Peso	Volume	Densità	Peso	Volume	Densità
	Mill.	Grammi	Cent. c.		Grammi	Cent. c.		Grammi	Cent. c.	
5.°	15	»	»	»	6,65	6,20	1,0726	0,06	0,06	1,0000
6.°	16	»	»	»	7,20	6,66	1,0811	0,06	0,06	1,0000
7.°	17	»	»	»	3,95	3,30	1,1970	0,70	0,69	1,0145
8.°	18	»	»	»	4,10	3,50	1,1714	0,10	0,10	1,0000
9.°	18	39,70	38,00	1,0447	8,90	8,00	1,1125	0,10	0,10	1,0000
10.°	24	32,20	30,00	1,0733	6,50	5,50	1,1818	0,70	0,67	1,0448
11.°	30	39,70	38,00	1,0447	8,80	8,00	1,1000	1,35	1,30	1,0385
12.°	37	37,60	35,00	1,0743	7,55	7,00	1,0786	0,66	0,66	1,0000
13.°	40	38,25	37,20	1,0282	5,90	5,00	1,1800	1,80	1,75	1,0291
14.°	45	38,20	36,20	1,0552	6,50	5,50	1,1818	1,50	1,30	1,1539
15.°	65	42,00	39,10	1,0742	5,90	5,00	1,1800	0,90	0,80	1,1250
16.°	74	36,70	35,00	1,0486	6,50	5,50	1,1818	1,35	1,20	1,1250

Densità medie desunte d

Massa interna dell' uovo Densità			Porzione coerente dell'albume Densità			Allantoide ed Amnios Densità			Corpo dell Den	
Minima	Massima	Media	Minima	Massima	Media	Minima	Massima	Media	Minima	Ma
1,0282	1,0743	1,0512	1,0726	1,1970	1,1348	1,0000	1,1539	1,0769	1,0541	1,1

…ità delle parti interne dell' uovo

Corpo dell' Embrione			Testa dell' Embrione			Tronco dell' Embrione			Sacco Vitellino		
…eso	Volume	Densità	Peso	Volume	Densità	Peso	Volume	Densità	Peso	Volume	Densità
…mmi	Cent. c.		Grammi	Cent. c.		Grammi	Cent. c.		Grammi	Cent. c.	
0,35	0,33	1,0606	0,14	0,14	1,0000	0,21	0,19	1,1053	»	»	»
0,39	0,37	1,0541	0,16	0,16	1,0000	0,23	0,20	1,1050	»	»	»
1,40	1,30	1,0769	0,66	0,62	1,0645	0,74	0,65	1,0883	32,88	30,00	1,0960
0,30	0,28	1,0714	0,20	0,19	1,0526	0,10	0,09	1,1111	»	»	»
0,29	0,27	1,0740	0,20	0,19	1,0526	0,09	0,08	1,1250	»	»	»
1,40	1,30	1,0769	0,65	0,61	1,0656	0,75	0,69	1,0880	13,65	12,50	1,0920
2,35	2,10	1,1190	1,10	1,00	1,1000	1,25	1,10	1,1364	»	»	»
2,30	2,10	1,0952	1,15	1,07	1,0748	1,15	1,03	1,1165	»	»	»
2,85	2,55	1,1176	1,35	1,25	1,0800	1,50	1,30	1,1538	»	»	»
…,20	3,66	1,1476	1,70	1,50	1,1333	2,50	2,20	1,1363	»	»	»
…2,65	11,67	1,0840	3,20	3,00	1,0667	9,40	8,67	1,0842	12,80	11,60	1,1034
…0,90	10,00	1,0900	3,25	3,00	1,0833	7,65	7,00	1,0929	»	»	»

…dal Prospetto precedente

…' Embrione		Testa dell' Embrione			Tronco dell' Embrione			Sacco Vitellino		
…sità		Densità			Densità			Densità		
…sima	Media	Minima	Massima	Media	Minima	Massima	Media	Minima	Massima	Media
…476	1,1008	1,0000	1,1333	1,0666	1,0842	1,1538	1,1333	1,0920	1,1034	1,0977

Il significato fisiologico dei fatti raccolti di sopra è manifesto quanto occorre, perchè io non abbia necessità di dichiararlo. Vuolsi però discutere se i cangiamenti cui possono andar soggette le densità ivi misurate, abbiano nessuna attinenza coll'anomalìa presa qui in esame. Per la qual cosa giova il ricordare alcuni movimenti embriogenici, cioè: 1.° quelli della massa vegetativa tutta insieme; 2.° delle molecole elementari di questa massa; 3.° dell'embrione.

1.° *Movimenti della massa vegetativa.* — Tali movimenti sono facilmente visibili negli uovi che hanno l'incrostamento esteriore non molto compatto. Se uno di questi, dopo alcune ore d'incubazione, sia lentamente mosso in giro sul suo grande asse, davanti alla fiaccola d'una lampada, si scorge nell'interno una zona scura la quale inclina a salire in alto. È l'area germinativa. Quando l'incubazione durò più di 35 ore, traspare assai chiaramente il corpo dell'embrione: i vasi che escono da questo ed il seno terminale dell'area vascolosa, pure si discernono. Nel secondo giorno della incubazione si può esser certi che tutta la massa si muove nell'involucro esterno; ma questo movimento diminuisce a poco alla volta, e cessa dopo che l'allantoide ha oltrepassato lo spazio che lasciano tra loro posteriormente il foglietto sieroso parietale e l'amnios. Per solito sul cadere del quarto giorno di sviluppo, la detta massa è divenuta quasi del tutto immobile.

2.° *Movimenti molecolari.* — Il fenomeno più appariscente tra tutti quelli che contrassegnano il principiare del lavorìo embriogenico, è l'ingrandimento della sfera vitellina dovuto al passaggio nell'interno di questa, dell'albume liquido che la circonda. A prima giunta parrebbe che in virtù di questo passaggio, le primitive differenze tra le densità delle due materie elementari dell'uovo dovessero cancellarsi. Per contrario abbiamo veduto che mentre il peso specifico del vitello, da 1,0299 che era innanzi la incubazione, si eleva nei primi giorni di essa, a più di 1,0900; l'albume da 1,0432 sale a 1,0726 per lo meno. Da altra parte, verso il quarto giorno dello sviluppo, troviamo l'albume stesso, già diminuito, nella parte inferiore dell'uovo, raccolto in una massa densa

agglutinata a quel tratto della parete vitellina non ancora tappezzato internamente dai foglietti del blastoderma. Gli è dunque manifesto che l'albume regola tutti i movimenti collettivi delle parti a cui si unisce, finchè tali movimenti sono possibili. Perciò la sede dell'embrione tra i due poli dell'uovo non è determinata da condizioni immutabili. Ed in vero, finchè le due masse elementari (albume e vitello) si muovono libere l'una sull'altra, ogni aumento di densità in una porzione dei granuli che occupano l'emisfero superiore del tuorlo, può far variare alla cicatricola la sua positura. Simigliante mutamento tocca più tardi all'embrione, ogni volta che l'albume, per qualunque causa, subisca in alcuna parte della sua massa tale addensamento che sia capace di alterare le condizioni d'equilibrio a cui la sfera vitellina si era già accomodata. Quando la incubazione è naturale, tali condizioni possono essere alterate per semplice effetto dell'attrito. Il peso specifico della sfera vitellina è nell'emisfero inferiore 0,0044 a 0,0054 più che nel superiore; quindi il suo centro di gravità si trova poco discosto dal suo centro di figura. Ora, se noi riflettiamo ai moti che i gallinacei fanno subire alle uova mentre le covano, si scorge facilmente che il vitello, per mantenersi nella sua ordinaria situazione deve roteare, ora da un lato ora da un altro, sulla massa dell'albume. Ma la forza che determina siffatto movimento è debole in confronto della resistenza che le oppone la viscidità di quella massa; però non há da esser raro che il movimento stesso riesca incompleto e in tali condizioni avvenga l'adesione dell'albume coerente, alla parete interna della membrana testacea. Laonde, considerando qual sede normale del disco germinativo il centro superiore di detta sfera, ne conseguita che l'embrione, per effetto del notato mutamento, può essere trascinato sul pendìo che volge al polo acuto dell'uovo, nella guisa istessa e per il medesimo potere ond'è vòlto generalmente al polo ottuso. La maggiore frequenza del rotamento sul sinistro lato, può essere interpretata senza discostarsi dai risultati posti nel prospetto precedente; ed invero, nelle condizioni ordinarie dello sviluppo; l'assorbimento dell'albume incomincia più sollecitamente e procede con maggior vigo-

rìa laddove questa materia riempie lo spazio compreso tra il sacco vitellino e la camera ad aria; per la qual cosa l'albume stesso divenuto quivi a un tratto più viscido e pesante, discende nella parte inferiore dell'uovo, verso la quale trae puranco la zona del vitello a cui è già aderente.

3.° *Movimenti dell'embrione.* — Se noi poniamo a riscontro le cose esposte di sopra, coi cangiamenti che l'embrione subisce dal primo al quarto giorno della incubazione, non riuscirà malagevole discoprire una delle cagioni ond'egli si mostra talvolta adagiato in guisa inversa a quella ordinaria. E di fatto nel suo primo delinearsi sul centro del disco germinativo, appare disteso paralellamente al piccolo asse dell'uovo o piegato sul ventre per guisa da accomodarsi alla curvata della parete vitellina. Verso la trentesima ora d'incubazione, (lo sviluppo procedendo regolarmente) appare meglio distinto, tuttochè sia piegato suppergiù come era innanzi. Ma un po' più tardi la sua positura cangia. Ei sollevasi a poco a poco dalla superficie dell'area pellucida, colla metà anteriore del suo corpo, la quale si compone in arco a convessità superiore. Le cause di questo sollevamento sono diverse; la principale, che nel secondo e terzo giorno di sviluppo l'accrescimento dell'embrione in lunghezza è molto maggiore di quello dell'area sopradetta (1). La comparsa del vaso cardiaco, come organo distinto, al disotto degli archi branchiali, ajuta anch'essa tale sollevamento; perocchè determina quivi la separazione delle due lamine dell'area fin allora rimaste unite strettamente tra loro. Lo sviluppo dell'embrione e dell'area pellucida procede innanzi nel terzo giorno, conservando sempre lo stesso rapporto. Ma la regione caudale di quello, cresce assai meno e si mantiene tuttora distesa nella parte inferiore dell'area, suppergiù come ell'era nelle prime 25 e 30 ore, tranne la sola sua estremità che si è alquanto piegata in basso. Frattanto la membrana primitiva del vitello, la quale rimane tuttavia distesa al blastoderma e conseguentemente all'embrione, non lascia che questo si sol-

(1) Questa disuguaglianza è pure notata dal Prof. Molescott che la farebbe incominciare fin dal primo giorno. V. *Nuovo Cimento*, 1865-66.— *Studii embriologici sul pulcino*.

levi quanto comporterebbe l'allungamento in lui avvenuto; ond' egli è costretto a girare la testa da un lato e comporre parte del dorso ed il collo a spira, e talora anche a linee contorte alternamente. Più tardi la metà posteriore s'incurva essa pure fortemente; e le lamine ventrali, già volte in basso si ravvicinano tra loro per modo, che oramai le connessioni tra l'embrione ed il sacco vitellino si conservano mediante una doccia membranosa assai delicata, composta del foglietto vegetativo e dello strato vascolare. È noto che a questo periodo dello svilüppo, la lamina sierosa o animale del blastoderma, ha già formato sulle estremità cefalica e caudale i due ripieghi che contrassegnano lo svilupparsi dell' amnios. La qual cosa frattanto non impedisce assolutamente che l' embrione, girando col corpo sul funicolo che lo avvince al sacco nutritizio, prenda, rispetto a questo, una positura laterale. Ma perchè tale movimento avvenga da destra a sinistra, vale a dire verso la estremità allargata dell' uovo, fa mestieri che l'embrione stesso si trovi nel pendìo del tuorlo che mena a quella parte. Se per uua delle circostanze accennate più alto, e' fu innanzi tratto nel pendìo opposto, il rotamento accadrà a rovescio, a meno che ad impedire questo effetto del suo peso specifico, non sopravvenga una forza che soverchiandolo, lo renda inefficace.

Baer (1) che nel corso dei suoi studii sullo sviluppo del pulcino osservò due embrioni i quali erano appoggiati al vitello col loro lato destro, attribuì questa irregolare positura ad un cominciamento d' inversione del cuore (*situs inversus*). Ma tale condizione mancava in uno di essi; e rispetto a questo, poichè la « *falsa rotazione non era molto avanzata* » Baer dice essere rimasto in dubbio s' ella non sarebbe stata in seguito corretta. Da ciò si comprende come egli stimasse il rotamento normale procedere in gran parte dai moti cardiaci. E per certo nelle ordinarie condizioni di sviluppo, il corso del sangue è dapprima diretto dalla sinistra alla destra dell' embrione. Se non che il detto rotamento è già incominciato prima che il moto ritmico del vaso cardiaco sia ap-

(1) Histoire du dévéloppement des animaux, trad *par Brecket. p.* 48.

parisccente, o almeno abbia acquistata tale vigorìa che valga a produrre l' effetto sopra menzionato: tanto più che il vaso stesso scorre sotto al collo dell' embrione, non già in linea trasversale, ma sivvero obliquamente da dietro in avanti. Quindi (messa anche in conto la parte di forza perduta nella curva che quello descrive) il maggiore sforzo dell' onda che ad ogni contrazione è spinta verso la testa, viene operato sulle arcate branchiali; la qual cosa può ajutare il sollevamento della regione cervicale, ma non porge sufficente argomento per interpretare la falsa rotazione di tutto il corpo. Cosicchè se questa anomalìa può essere talora connessa a difettoso sviluppo, vuoi del cuore, vuoi anche dell' intero embrione, ciò non toglie frattanto ch' ella sia eziandio originata da cangiamenti sopravvenuti nelle densità degli organi embrionali, o delle materie che gli alimentano.

Nei miei esperimenti ho esaminati molti embrioni che giacevano sul fianco destro ; e tuttavolta nulla d' irregolare scòrsi mai nei loro organi circolatorj, che potesse ragguagliarsi alla inversione. Tali embrioni però erano tutti assai discosti dalla estremità più larga dell' uovo. Ma ciò che maggiormente mi rafferma nella opinione espressa di sopra, è la facilità colla quale il falso rotamento può essere procacciato cogli artificj che riferirò in appresso, nel discorrere i movimenti di formazione dell' allantoide. Che siffatto accidente debba, come qualcuno pensa, porgere motivo al generarsi delle mostruosità encefaliche o d' altro genere, io non so comprendere. Credo per contrario, che ei non arrechi nessuno inciampo, nè allo sviluppo dell' allantoide, nè a quello dell' embrione.

(b) Direzione primitiva dell' allantoide verso le parti dell' uovo più o meno discoste dalla camera ad aria.

Dopo ciò che è stato detto nella prima parte di questa memoria, si voleva accertare se il libero passaggio dei gas attraverso la intera superficie dell' uovo, e il volgersi dell' allantoide fin dapprincipio verso la camera ad aria, siano indispensabili acciocchè lo sviluppo proceda regolarmente. Le prove seguenti risolvono tale quesito in modo negativo.

Esp. 1.° *Incubazione naturale.* — Due uovi di gallina dopo 24 ore d'incubazione furono coperti nella loro estremità allargata, con uno strato di gomma, a cui si sovapposero piccole liste di carta ordinaria. Altri due uovi come i precedenti, furono spalmati d'eguale materia, nella loro metà longitudinale. Cinque giorni dopo, (7° di covatura) in uno dei primi l'embrione era vivente e di forme regolari: esso giaceva sul fianco sinistro, quasi ad eguale distanza dai due poli dell'uovo: l'allantoide era distesa da un solo lato dell'asse longitudinale, e copriva con largo lembo la superficie del vitello prossima al piccolo scompartimento: quivi i suoi vasi erano meno colorati che in altre parti. L'altro uovo, aperto l'undecimo giorno, racchiudeva un embrione vôlto colla estremità posteriore del tronco verso il polo acuminato. Le pareti toraco-abdominali di questo embrione erano incomplete: il cuore d'enorme volume rispetto a quelle del corpo, e formante un angolo retto coll'asse vertebrale: la porzione media dell'encefalo molto sporgente (*Tav.* II. *fig.* 1.) l'allantoide distesa attorno all'embrione medesimo, non giungeva a toccare la parete interna della camera ad aria; tuttavia i suoi vasi erano bene sviluppati e turgidi.

Degli uovi coperti con uno strato di gomma nella loro metà longitudinale, un solo erasi sviluppato. Esso conteneva un embrione regolare assai vivace, annidato in una piega del vitello prossima al piccolo scompartimento. L'allantoide era distesa sopra quel tratto dell'uovo che io aveva procacciato di rendere impermeabile.

Esp. 2.° Quattro uovi messi ad incubare dopo averne coperta la estremità più larga con liste di taffettà incerato, si svilupparono regolarmente. Un quinto uovo posto in incubazione senza alcun apparecchiamento non era stato forato dal pulcino il venticinquesimo giorno di covatura. Apertolo vi trovai un embrione lungo 36 millimetri, il quale tuttochè estremamento piccolo, aveva i caratteri di uno sviluppo completo; cioè ombelico chiuso, becco corneo assai duro, bulbi delle penne già spuntati in tutte le parti che ne appaiono guarnite nel momento della nascita. Il foglietto sieroso periferico e la membrana vitellina erano solo in alcuni tratti disgregati, in altri aderivano forte all'amnios e all'allantoide: questa era imperfettamente distesa attorno alle parti che è destinata ad avvolgere.

Esp. 3° Quattro uovi coperti, come i precedenti, con liste di taffettà incerato, due nella estremità più allargata, e due nella metà longitudinale, dopo sei giorni d'incubazione furono aperti. In uno dei primi si trovò un embrione lungo venti millimetri, giacente sul lato destro. Tutti i visceri erano formati; l'allantoide volta verso il polo acuminato dell'uovo; i vasi di questa membrana non molto turgidi.

Nell'altro uovo, coperto con taffettà nel suo polo più largo l'embrione si era sviluppato vicino alla camera ad aria. Era ancor vivo mentre si esplorava: l'allantoide distesa regolarmente sovr'esso e sulle parti circostanti, occupava una zona di sedici a diciotto millimetri in diametro.

Il terzo uovo conteneva un embrione lungo venti millimetri il quale erasi sviluppato dalla parte della parete esterna coperta dal taffettà, e giaceva sul fianco destro. Una porzione dell'allantoide era vòlta a sinistra, ma non aveva ancora oltrepassata la zona dell'uovo coperta da taffettà. Un lembo di quella membrana, il quale s'era disteso verso l'estremità allargata, copriva un quinto circa della superficie vitellina più prossima alla parete interna della camera ad aria: i vasi vitellini apparivano alquanto pallidi. Finalmente nel quarto uovo era un embrione vivente, adagiato sul fianco sinistro nella parte non coperta dal taffettà l'allantoide distendevasi verso il polo acuminato.

Esp. 4.° *Incubazione artificiale.* — Sei uovi, dopo averli resi impermeabili coprendone la metà più allargata con uno strato di cera, sono collocati nell'apparecchio d'incubazione, il quale è mantenuto ad una temperatura di trentotto a quaranta gradi C.° Una cassula di cristallo ripiena d'acqua impedisce che l'aria si dissecchi soverchiamente. Dopo otto giorni d'incubazione, la maggior parte di questi non porgono nessun segno di sviluppo cosicchè è molto probabile non fossero stati fecondati; di sviluppati non ce n'erano che due. In uno la camera ad aria conteneva un liquido sciolto, alquanto opaco. L'embrione, lungo ventidue millimetri, era situato fuori della zona del guscio coperta dalla cera; aveva il dorso vòlto a spira: l'allantoide si era dispiegata regolarmente da ogni parte. L'altro uovo conteneva un embrione vòlto a spira e giacente sul lato destro: parea morto quando fu messo a discoperto, ed occupava il centro dell'uovo: l'allan-

toide, a guisa di focaccia, lo copriva tutto. Esso embrione non era regolare: per contrario le sue pareti toraco-abdominali apparivano incomplete come in quello raffigurato nel disegno n.° 1.° Inoltre v'aveva qui (*fig.* 2) rottura del pericranio con perdita di materia cerebrale. I vasi allantoidei erano assai scarsi e tenui.

Esp. 5.° Due uovi coperti con cera nella metà longitudinale e collocati nella stufa per modo che la parte resa impermeabile fosse rivolta in alto, al nono giorno d'incubazione furono aperti.

N.° 1. Le forme dell'embrione non sono bene distinte: la massa che ne tiene il luogo ha sei millimetri di lunghezza: e due circa di larghezza: l'area vascolosa è di trentasei millimetri nel suo maggior diametro, e di trenta nel minore. Si veggono due macchie irregolari assai scure nelle due estremità di questa massa (rudimento di vasi sanguigni?).

N.° 2 L'embrione è lungo ventisei millimetri, vivente e regolare; giace sul fianco sinistro in prossimità del polo ottuso; è coperto dall'allantoide, la quale si vede percorsa da numerosi e grossi vasi sanguigni di colore assai scuro.

Esp. 6.° L'esperimento che segue può esser tenuto in conto di riprova che l'allantoide nel suo sviluppo non tragitta per un luogo prestabilito: ma dacchè essa è destinata a chiuder l'uovo dentro di sè come in una vescica vascolosa a doppia parete, perviene a questa sua ultima forma, accomodandosi alle condizioni generali delle parti d'onde muove e di quelle tra cui scorre.

Io sospendeva l'uovo, senza alcun preparamento, nella stufa d'incubazione col mezzo di un astuccio metallico mosso in giro da un meccanismo d'orologio. Abbenchè io abbia fatte molte prove per ottenere lo sviluppo in queste condizioni, tre sole volte sono riuscito a protrarlo fino al settimo e nono giorno. L'uovo raffigurato nella figura 3. fu posto nell'apparecchio di rotazione, dopo 60 ore di covatura naturale. Il movimento impresso all'astuccio era da ovest a est, per modo che l'uovo medesimo compiesse un giro interno al suo grand'asse, ogni minuto primo. Così la sua massa interna rimaneva quasi immobile, anche nei primi giorni. Alla fine del settimo giorno (9.° d'incubazione) fu aperto. L'embrione (*c*) era lungo diciannove millimetri: l'allantoide (*b*), già molto allargata si distendeva dalla parte dell'uovo, verso la quale il movimento rotatorio era

diretto: i suoi vasi apparivano turgidi e grossi. Nel disegno si scorge assai bene che questa membrana, per effetto del suo sfregamento colla parete rigida dell'uovo è stata trascinata a destra; ma dacchè ella non ha potuto fissarsi alla superficie fuggevole della membrana testacea, si è unita soltanto all'amnios ed al sacco vitellino; il quale (*a*) è esso pure stirato verso la parte destra dell'uovo, ove già il foglietto libero dell'allantoide fu sospinto per forza dell'attrito. Neanche un lembo dell'allantoide è giunto a toccare la parete interna del piccolo scompartimento dell'uovo; non pertanto lo sviluppo dell'embrione ha proceduto regolarmente e colla vigorìa ordinaria.

Posi gli altri due uovi nell'appareccio di rotazione dopo 55 ore di covatura naturale; ma inverteudo il movimento dell'astuccio. In uno (ottavo giorno d'incubazione) trovai il vitello e l'albume alquanto più liquidi del consueto, e i vasi vitellini quasi vuoti, in special modo verso la periferia. L'embrione giaceva sul lato destro nel mezzo dell'uovo: il sacco amniotico erà opaco, l'allantoide aveva già incominciato a piegare dalla parte verso la quale il movimento dell'astuccio era vôlto; ma ell'era molto aderente all'amnios e quasi del tutto priva di vasi. Pare che in questo esperimento l'embrione abbia vissuto fino al settimo giorno, perchè aveva conservato, fin sul declinare del nono giorno, quella freschezza che non dura molto tempo dopo la cessazione della vita. Le stesse cose erano da dire rispetto all'ultimo.

Riassunto degli esperimenti già dichiarati:

1.° Il falso rotamento dell'embrione è di rado congiunto alle *eterotassie* degli organi circolatori centrali, e molto meno alla inversione del cuore, la quale tra tutte è la più rara.

2.° Ogni cagione che abbia virtù di modificare i rapporti di positura tra la sfera vitellina e la massa albuminosa che la circonda, può dare origine a quella anomalìa; e ciò ne fa comprendere perchè fino ad ora la non abbia potuto essere rapportata nel maggior numero dei casi, a nessuna palese irregolarità dell'embrione.

3.° Certe azioni esterne, come il far girare l'uovo del continuo in direzioni poco favorevoli al rotamento dell'embrione sul lato sinistro, promnovono con molta facilità il falso rotamento; tut-

tochè la prova si eseguisca dopo il secondo giorno d'incubazione vale a dire, quando già il rotamento normale dovrebbe essere incominciato.

4.° Il falso rotamento non apporta, in generale, nessun disturbo nelle metamorfosi embriogeniche.

5.° Il lavorìo vegetativo dell'uovo può compiersi regolarmente, quantunque una porzione di questo (estremità allargata o metà longitudinale) sia resa impermeabile.

6.° Quando la metà longitudinale resa impermeabile è vôlta in alto, l'allantoide si dispiega quivi sulle prime. e nondimeno lo sviluppo del pulcino patisce assai di rado interruzione, o disviamento.

7.° Ogni tratto dell'uovo funziona come superfice respiratoria, e perciò l'embrione continua spesso a vivere, anche quando l'allantoide, sviluppandosi, non trova subito le condizioni meglio accomodate al suo speciale ufficio.

8.° I disordini che talvolta si appalesano nel processo embriogenico, allorchè il passaggio dei gas attraverso la crosta dell'uovo è notevolmente attenuato, sono generali e simiglianti a quelli prodotti dalle alterazioni di temperatura.

II.

Disordini che l'azione elettrica può suscitare nelle metamorfosi embriogeniche.

Nella prima parte di questa memoria, ho fatte alcune avvertenze rispetto alle spiegazioni che i fisiologi ci hanno pôrte delle mostruosità encefaliche e d'altre forme di vizioso sviluppo o artificialmente procurate o offertesi accidentalmente alla osservazione. Io spero che i fatti raccolti in questo capitolo e nel seguente, afforzeranno di molto ciò che allora dissi su tale argomento. Per analizzare come conviene siffatte forme, bisognava prima di tutto procacciarsi un mezzo che loro desse origine con frequenza: e questo mezzo, come ho già dichiarato, lo rinvenni nella elettricità. Nelle prove eseguite intorno allo sviluppo delle rane, mi contentai di porre dentro alle capsule, ove le uova di questi animali erano state raccolte, due laminette di platino

comunicanti con un elemento Bunsen, oppure con due coppie di rame e zinco immerse nell'acqua salata. Per contrario, gli uovi degli uccelli (gallina comune) li apparecchiai ad uno ad uno, nel modo più confacente alla qualità dell'esperimento che mi proponeva d'eseguire. Allorchè volli mettere a prova la corrente elettrica, perforai con un trapano capillare la crosta dell'uovo in due luoghi opposti, per modo che l'embrione (di cui avevo innanzi conosciuta la sede valendomi del mezzo accennato a pag. 258) rimanesse tra i due pertugi: deposto quindi l'uovo stesso sopra un corpo isolatore, introdussi in ciascun pertugio le estremità appuntate di due fili di platino, i quali per le estremità opposte erano saldati ai reofori di un elemento Bunsen, o di un apparecchio d'induzione. Nella guisa medesima procedei in quei pochi casi nei quali volli cimentare la bottiglia di Leyda tranne soltanto che allora io praticava nell'uovo un solo foro. Innanzi di por mano a ciascheduno esperimento, volli sempre accertarmi del grado di sviluppo cui l'embrione era giunto. Inoltre molte uova di cui avevo traforato l'involucro esterno senza sottoporle all'azione dell'elettrico, le lasciai incubare nelle medesime condizioni delle altre ricordate di sopra, per non restare nel dubbio se quella operazione potesse da se sola rendere disordinati i movimenti embriogenici. Ma tutte queste uova, tranne due o tre in cui non era segno di sviluppo, si schiusero regolarmente nel termine ordinario.

Non avendo fino allora raccolte bastevoli osservazioni, circa la resistenza che il lavorìo formativo operantesi nell'uovo contrappone alle cause che ne alterano il procedimento, i miei primi saggi riuscirono sterili. Affinchè la scossa o la corrente elettrica disturbino con sicurezza e in modo sensibile le metamorfosi embriogeniche, fa d'uopo che esse abbiano una certa gagliardìa o siano adoperate due o tre volte nel tratto di pochi giorni. Io tralascio per ora di ricercare quali siano i primi effetti di questa forza sull'uovo in via di sviluppo. Cotale esame sarà un po' meno difficile dopo che avremo detto brevemente dei tentativi fatti sopra le due specie di animali già ricordate, e de'vizi di sviluppo che ne derivarono.

Prove eseguite sulle uova degli uccelli.

Non sarà inopportuno principiare la esposizione di queste prove col prospetto seguente:

Serie delle prove	Num. delle uova	QUALITÀ e DURATA dell'azione elettrica	Giorni della covatura in cui fu cimentata	Giorni in cui le uova sono esaminate	Sviluppate regolarmente	Sviluppate irregolarmente	Abortite avanti il 7° giorno	Rotte accidentalmente
1ª	8	corr. d'induz.e 8 m.''	4° 6°	10° 16°	6	1	»	1
2ª	10	corr. d'induz.e 15 m.''	6°	8°	3	2	4	1
3ª	6	corr. d'induz.e 20 m.''	5° 6° 7°	15°	2	2	1	1
4ª	8	corr. d'induz.e 20 m.''	7° 8° 9°	16°	»	3	5	»
5ª	8	corr. d'induz.e 30 m.''	5° 6° 8°	13° 14°	2	1	3	2
6ª	10	corr. d'induz.e 40 m.''	6°	16°	2	1	6	1
7ª	7	corr. d'induz.e 20 m.''	5° 6° 7°	14°	4	2	1	»
8ª	4	corr. d'induz.e 24 m.''	2°	10°	1	»	3	»
9ª	6	corr. d'induz.e 25 m.''	3°	7°	5	»	1	»
10ª	4	corr. d'induz.e 40 m.''	5°	9°	2	»	2	»
11ª	2	corr. d'induz.e 20 m.''	2°	14°	2	»	»	»
12ª	2	corr. continua costante	2° 5°	7°	»	1	1	»
13ª	2	corr. continua costante	5°	16°	»	»	2	»
14ª	6	scossa elettrica	5°	21°	4	2	»	»
15ª	5	corr. d'induz.e 20 m.''	2° 4°	9°	4	1	»	»
16ª	6	corr. d'induz.e 40 m.''	4°	11°	3	1	2	»
17ª	4	corr. d'induz.e 30 m.''	3° 4°	15°	2	1	1	»
18ª	3	corr. d'induz.e 50 m.''	4°	9°	1	1	1	»

Come ognun ben vede, gli embrioni sviluppatisi irregolarmente furono assai numerosi, rispetto a quelli di cui l'organismo non aveva subìto nessuna alterazione apprezzabile; perocchè (detratti i 33 che non vissero oltre il 9.° giorno d'incu-

bazione, e le 6 uova rotte per accidente) il rapporto tra i secondi ed i primi è come 43 a 19. Questi 19 embrioni si possono spartire, rispetto ai mutamenti che il loro corpo ha subìti, nella seguente maniera:

	NUMERO degli individui	NUMERO delle esperienze
(a) Connessioni irregolari delle ossa	4	1ª 3ª 4ª 14ª
(b) Connessioni irregolari del cuore	6	1ª 5ª 12ª 14ª 16ª
(c) Divisione dell' allantoide .	1	4ª
(d) Sviluppo patologico della testa e del cuore . .	6	3ª 7ª 15ª 17ª 18ª
(e) Condizioni patologiche generali	2	2ª

(a) Connessioni irregolari delle ossa.

De' quattro esemplari enumerati qui sopra, due erano affetti da mala direzione degli arti anteriori; uno aveva la mascella inferiore piegata in alto; nell' ultimo il vizio risguardava le ossa palatine. Queste ossa che sono molto lunghe negli uccelli, erano situate tra i rami della mascella inferiore per guisa che, aderendo mollemente colle estremità posteriori alle ossa pterigoidee, formavano con la rimanente porzione due archi a convessità inferiore, i quali andavano a terminare ai lati della lingua; cosicchè l' osso joide e buon tratto della lingua stessa, rimanevano costretti tra questi archi, uno dei quali, il sinistro, era più acuto e sporgeva col suo vertice fuori dell' orlo mascellare respettivo.

(b) Connessioni irregolari del cuore (*Ettopia*).

Gli embrioni nei quali si formò la ettopia cardiaca, differivano tra loro per il grado e la maniera della estroversione. Tre di questi embrioni avevano il cuore tutto fuori del petto, ma avvolto in una sacca cutanea, che pareva costringerlo da ogni parte. Nel quarto, soltanto la metà longitudinale dell'organo (faccia anteriore) si poteva dire estratoracica. Nel quinto, non solo il cuore, ma eziandio i grossi vasi che muovono da questo (*fig.* 2) erano fuori del torace, un tratto coperti dalla pelle insieme col cuore stesso, un tratto a quella sovrapposti a modo di basso rilievo. Finalmente nel sesto, un foro rotondo traversante la regione media anteriore dello sterno, accoglieva la punta del cuore, il quale formava qui un angolo molto aperto coll'asse vertebrale; mentre negli altri aveva conservata la sua ordinaria positura.

(c) Divisione dell' allantoide.

Nella figura 4, si vede in disegno tre volte più grande del vero e dalla faccia ventrale, un embrione piegato a mezzo il corpo per guisa, che la testa ed il collo paiono come appoggiati al fianco destro, mentre l'altra porzione è rivolta all'insù. La sua lunghezza uguaglia diciotto millimetri. Il cuore è situato a sinistra, vòlto col suo apice verso la parte opposta e un poco all'innanzi. Quest' organo appare di enorme volume rispetto al resto del corpo; tantochè sopravanza la lamina ventralè diritta. La sua lunghezza, dalla base all' apice, è due a tre millimetri. L'allantoide sporge già fuori della cavità addominale, sotto forma di piccola ampolla lunga quattro millimetri. Essa ha dal lato sinistro un' appendice, la quale muove dal peduncolo comune. Questa appendice è lunga poco più di un millimetro. L'embrione era racchiuso in un sacco rotondo avente da otto a nove millimetri di diametro; ma dacchè l'amnios si era disfatto, componevano questo sacco, da una parte la faccia esterna dello strato vascolare e muccoso, dall'altra parte la membrana vitellina ed il foglietto sieroso periferico. Come sempre avviene quando lo sviluppo si arresta molto presto, la por-

zione di membrana vitellina che, sopravanzando il contorno periferico del blastoderma, mantiene da se sola la massa del tuorlo insieme raccolta, era rotta in brani; cosicchè i granuli di questo, già in buona parte resi fluidi e di color fosco, si erano diffusi nell'uovo e circondavano insieme all'albume, pur esso addivenuto parte sciolto come siero, parte denso come vischio il sacco embrionale.

(d) Sviluppo patologico della testa e del cuore.

Benchè alcune delle forme irregolari comprese in questa categoria, quanto ai loro caratteri esteriori, potessero essere messe insieme alle estroversioni del cuore, ho stimato dovernele separare, non foss' altro perchè si rapportano a condizioni organiche assai differenti.

1.° *Protuberanza non regolare dell' encefalo, con ipersarcosi del cuore e incompletezza degli arti.*

Tutte queste anomalìe scopersi in due embrioni della settima esperienza; (vedi il prospetto) vale a dire, tra quelli che erano stati per tre volte, dal quarto al settimo giorno del loro sviluppo, esposti all' azione della elettricità. Tali embrioni erano rinchiusi in un sacco amniotico completo, di cui le pareti avevano acquistato straordinario spessore. Nel luogo del liquido che aveva ad essere nel sacco, trovai una materia amorfa giallognola, composta in strato attorno all' embrione. I vasi vitellini e allantoidei non contenevano sangue; con tutto ciò gli embrioni conservavano grande freschezza. Laonde potei dissec-carli sotto l' acqua senza difficoltà. In uno di essi, (*fig.* 5. 6. e 7.) l' encefalo sopravanzava di molto il contorno superiore della testa, e la pelle ond' era avvolto, (divenuta sottilissima e trasparente) ne costringeva la base formando quivi un solco assai profondo. Nella parte anteriore del petto (*fig.* 5.) si vedevano due rigonfiamenti irregolari, uno più grosso a destra, l'altro nel mezzo e un poco a manca. Questi rigonfiamenti non si appalesano allorchè lo sviluppo ha proceduto nel modo ordinario. Sollevando il tratto di cute che li copriva, come mostra la

figura 7., scôrsi allora che quello situato a destra era prodotto dalla orecchietta cardiaca respettiva e dai due ventricoli; che l'altro di sinistra era formato dalla orecchietta omonima. Quest' ultima, come ben vedesi, sorpassa in volume le rimanenti parti dell' organo. Il pericardio, in quel luogo molto inspessito, (tre volte più che in altri tratti del cuore) aderiva al cuore ed alla pelle, la quale chiudea da se sola la faccia anteriore del torace, dacchè lo sterno non si era potuto formare.

La porzione ingrossata del pericardio, era composta di granulazioni amorfe giallognole, e vescicole irregolarmente rotonde (*fig.* 8.). Alcune di queste contenevano un piccolo nucleo, ma la maggior parte erano piene di materia grassa, che rendevale molto lucide. Per contrario, laddove cotal sacco avvolge i due ventricoli e l' orecchietta destra, avea conservata la sua ordinaria struttura, ed era tanto sottile e trasparente, che a primo aspetto non ti avvedevi che ci fosse. La posizione del cuore non era quella che gli compete: ed invero i suoi ventricoli occupavano il lato destro superiore del torace: quindi, anche se l'embrione avesse continuato a vivere, le connessioni di quel viscere col fegato, non avrebbero potuto ormai più ritornare nella guisa ordinaria. Inoltre, l' enorme volume della orecchietta sinistra, che mi parve dovuto in molta parte a degenerazione adiposa delle sue fibre, avrebbe impedito il ravvicinamento delle lamine sternali, e perciò la formazione del torace. A queste particolarità, che insieme all' anomalìa notata nella testa compongono un vizio organico assai importante, si aggiungeva la imperfetta forma degli arti; mentre l' ombelico cutaneo già costringeva il funicolo vitellino e allantoideo, come negli embrioni a termine.

2.° *Iperemia della testa e aderimento dell' amnios a questa parte.*

L' iperemia parziale raramente si osserva negli embrioni che non vissero più di cinque o sei giorni. Nel caso che qui descrivo, aprendo l' uovo trovai quasi tutto l' albume liquefatto: la materia vitellina separata in due porzioni, una sottile, acquosa, l' altra densa come sevo: la membrana sierosa periferica quasi distrutta, e nel luogo del foglietto vegetativo blastodermico, una trama esilissima interposta alle ramificazioni dei vasi on-

falo-mesenterici. Tali vasi e quelli eziandio dell' allantoide apparivano molto scuri: quest' ultima non più lunga di otto millimetri. La testa dell' embrione (*fig.* 9.) era siffattamente iniettata di sangue, che nel luogo dei tubercoli quadrigemini e intorno agli occhi aveva l' apparenza del fegato. I detti tubercoli erano molto prominenti, e le pareti del cranio attorno ad essi divenute assai sottili e in qualche tratto disorganizzate; tantochè al solo toccarle colla punta di un ago si ruppero in brani. L' amnios, già quasi privo del liquido, aderiva all' embrione in prossimità dell' occipite.

3.° Tumore vascolare nell' occhio sinistro — lacerazione delle pareti del cranio — disuguaglianza delle vescicole cerebrali.

Tutte queste alterazioni morbose le scopersi in un embrione lungo diciassette millimetri, del quale è pôrto nella fig. 10. il disegno tre volte e mezzo più grande del vero. Sebbene fosse già morto quando ruppi l'uovo che lo conteneva, le sue membra avevano conservato grande freschezza. Il sacco vitellino era rotto, ed il suo contenuto fluido come siero e di color plumbeo l' allantoide non più lunga di otto millimetri. L' amnios non conteneva più goccia del liquore che ordinariamente accoglie, benchè fosse intero e senza rotture. L' embrione aveva l' encefalo a discoperto come lo mostra il disegno. La più esterna delle membrane che coprono quest' organo nei primi giorni dello sviluppo, era in buona parte distrutta: la interna sussisteva tuttavia ma era perforata nella sua estremità anteriore, e molto rossa. Un corpicciolo, esso pure di color rosso assai vivo, riempiva la metà inferiore dell' occhio sinistro, che aveva spinto in fuori e insieme fattone salire in alto il cristallino. Questo corpicciuolo a guardarlo con una lente semplice, rassomigliava un glomerulo di malpighi; ma esaminandone una piccola porzione a 350 diametri d' ingrandimento, vidi che era formato in gran parte di materia granulosa, e di cellule irregolari le quali contenevano un nocciolo chiaro.

4.° Tumore frangiato nel luogo dell'encefalo e del cranio.

La figura 11. T.ª II.ª rappresenta, quattro volte più grande del vero, un embrione di nove giorni tratto da un uovo che al 4.° giorno di covatura avevo assoggettato alla corrente d'induzione per 50 m."— Traspariva dalle pareti del sacco vitellino uno scarso numero di vasi sanguigni assai rossi: l'allantoide aveva appena 9 a 10 millimetri di lunghezza: gli occhi non si erano formati: la bocca assomigliava a quella di un rettile. Nella regione superiore della testa, sporgeva un tumore frangiato, bianco e lucido come cartilàgine, il quale aderiva all'amnios (già quasi vuoto) per il tratto di due millimetri. La materia di quello, esaminata a 200 diametri d' ingrandimento, mi parve composta da granulazioni amorfe (*fig.* 12) e cellule di varie dimensioni piene di vescicole adipose. Molte di queste erano libere e frapponevansi alle cellule, o facevano loro corona. Alcune particelle dello stesso tumore, esaminate dopo che l'embrione era stato immerso nell'alcool allungato per diversi giorni, sono pôrte in disegno (+ 400) al num. 13 — In esse si scorge che le cellule erano manifestamente ripiene di grasso; e in una delle più grandi, questa materia appare in buona parte diffusa.

(e) Condizioni patologiche generali.

1.ª Idroemia con nuove formazioni incipienti.

Un generale disordine della nutrizione, appariva assai manifesto in due embrioni della 2.ª esperienza. Il primo che io esaminai era ancora vivo nel 20.° giorno della covatura, e completamente sviluppato (70 millimetri lungo). L' allantoide, già chiusa intorno ad esso ed al sacco vitellino, aveva uno spessore triplo del consueto e pareva come di gelatina. La sua vivida arborizzazione vascolare, era trasmutata in fitti stravasi. sanguigni. Questi stravasi, sparti su tutta la superficie della membrana, avevano forme e dimensioni svariatissime, e non pareva che comunicassero gli uni con gli altri in nessun luogo. L'embrione, divenuto giallognolo e trasparente, aveva, nella parte anteriore e

superiore del collo, un tumore assai voluminoso che dall'occipite distendevasi in addietro per il tratto di sei millimetri. Siffatto tumore era elastico, facilmente lacerabile e di colore alquanto più cupo che non fosse quello dell'animale: soprastava allo strato muscolare, e univasi a questo per molle tessuto connessivo. Un leggero solco lo divideva superiormente in due metà laterali, nella guisa del cervello d'un mammifero. La sua massa, esaminata ad un ingrandimento di 90 a 160 diametri, appariva composta di fettuccie trasparenti striate, simili a quelle che si veggono nella fibrina del sangue rappresa. Queste fettuccie contenevano nel loro mezzo una materia globulare molto lucente. Non erano separate le une dalle altre, ma composte in piccoli fasci che incrocicchiavansi fra loro in varie guise. A questi fasci s'interponevano molte piccole masse di globuli adiposi. Nell'altro embrione tali condizioni morbose avevano minor grado d'intensità.

2.° *Deformazione di tutto il corpo.*

Nelle uova che avevano cessato di svilupparsi prima del settimo giorno, osservai svariati disordini di tutto il processo vegetativo. In alcune di queste uova l'embrione era trasmutato in un ammasso informe di materia gelatinosa biancastra, ove si scorgeva appena indizio di cavità o doccia ventrale. In altre raffigurava un pinocchio, o sivvero un seme di caffè. Queste morbose forme sono state descritte dal Panum (1) sotto la denominazione di *Mostruositates totales cilindricae; M. totales planae, M. amorfoides;* perciò ne porgo soltanto alcuni esempj.

(*a*) Nel primo uovo in cui lo stato di freschezza delle parti mi permise un esame alquanto accurato, l'embrione aveva dieci millimetri circa di lunghezza; ma le sue forme non erano bene appariscenti. L'allantoide sporgeva già fuori della cavità ventrale. Potei facilmente separare il foglietto mucoso blastodermico in due strati, di cui l'interno (*fig.* 15), esaminato a 400 diametri d'ingrandimento, sembrava composto da un ammasso di corpicciuoli schiacciati, parte ovali, parte irregolar-

(1) Op. cit. pag. 68. e seg.

mente rotondi, parte infine triangolari, piriformi ec., per lo più senza nuclei bene manifesti. La materia interiore di questi corpicciuoli, molto chiara e sottile, era frammista a vescicole adipose di varia grandezza. Lo strato esterno aveva più manifesta costruttura cellulare. Dentro a queste cellule, che erano molto grandi e tutte ovali, si scorgeva di rado un nucleo; ma in quella vece fitte vescicole di grasso simiglianti alle altre ricordate qui sopra.

(*b*) La figura 16 rappresenta quattro volte e mezzo più grande del vero e dalla faccia interna del sacco vitellino, un embrione o meglio una massa ovoide che tien luogo d'embrione; la qual massa era vôlta, col suo maggiore diametro, d'alto in basso e un poco all'innanzi. La sua estremità inferiore è troncata ed offre nel mezzo un incavo ellittico (*b*) che mi è parso il primo rudimento della cavità viscerale. La zona interna del disegno (*a*), indica il luogo ove lo strato mucoso si è separato dalla lamina sierosa per comporre il sacco embrionale; la zona esterna (*c*), il contorno del seno terminale (area vascolosa). Per mostrare questo informe embrione senza alterare i suoi rapporti colle altre parti, ho dovuto togliere con le forbici un esteso lembo di foglietto mucoso. Nella parte posteriore della zona esterna, l'ultimo foglietto e un denso strato di granulazioni amorfe che vi aderiva, sono stati anch' essi incisi e rovesciati; il primo in alto, il secondo in basso (*d*), onde rendere meglio appariscente lo strato vascolare; la cui superficie era spartita, come mostra il disegno (*f*), in areole simmetriche circoscritte da sottili rilievi biancastri. Questi rilievi esaminati a 150 diametri d' ingrandimento, apparivano composti di materia granulosa, e vescicole irregolarmente sferiche (*fig.* 17). Perciò gli è molto verosimile che essi non raffigurassero altra cosa, tranne gli aggregamenti vescicolari, d' onde provengono i vasi della prima circolazione; dei quali aggregamenti erano forse state interrotte le metamorfosi, pel sopravvenire d' insoliti mutamenti nelle loro parti elementari. Lo strato granuloso interno era composto di sferule differenti per grandezza, le quali contenevano nella loro massa uno o due globetti nucleati, molte granulazioni irregolari di colore scuro, e vescicole grasse.

(*c*) Un uovo, il cui sviluppo pare si fosse arrestato verso

il secondo giorno della covatura, conteneva nel mezzo della massa vitellina, già divenuta sciolta come siero, un piccolo disco rigonfiato nella sua faccia superiore, (*fig.* 18) e largo sei millimetri, il quale galleggiava nell' acqua distillata. Nel suo mezzo si scorgeva una massa di materia biancastra schiacciata a guisa di focaccia ; e sopra il lato sinistro di questa massa, un corpicciuolo sferoide più chiaro (*b*). Il sacco embrionale e la materia ivi rinchiusa aderivano così forte l' uno all' altra, che non fu possibile separarli. Esaminando alcune porzioni di detta materia, a un ingrandimento di 500 a 590 diametri (*fig.* 19), mi parvero composte di cellule embrionali deformate, ripiene di vescicole oleose finissime.

Esperimenti eseguiti sulle uova delle rane.

Di tutte le prove che io ho fatte con uova di rana non sono da ricordare qui che le seguenti:

(*a*) Il 6 Giugno del 1866 raccolsi un migliaio d' uova di rana *esculenta*, poco dopo la loro fecondazione. Erano tutte sferiche e per grandezza poco differenti le une dalle altre (da due terzi di millimetro a un millimetro in diametro). Nelle più piccole incominciavano a divenire appariscenti le cellule del blastoderma: nelle più grosse i primi rudimenti dell' embrione. Verso la metà dello stesso giorno, le divisi in due gruppi, ciascuno dei quali posi in vasi separati. L' acqua di questi vasi aveva una temperatura di 25 gradi, che fu dipoi mantenuta costante. Un vaso che ne conteneva circa 650, fu posto per 40 minuti primi in comunicazione con un elemento Bunsen alto 12 centimetri, apparecchiato con acqua e poche goccie d' acido solforico. Nel giorno seguente, tra queste 650 uova, di sferiche non ce n' erano più che 124; le altre 526 avevano tutte da due a tre millimetri di lunghezza, e un millimetro e mezzo di larghezza nella loro porzione più grossa. Le 350 poste nelle medesime condizioni di sviluppo, senza averle prima assoggettate all' azione della corrente elettrica, erano così repartite rispetto alla forma: 101 sferiche e 249 allungate. Questo mutamento di figura, come ognuno sa, è dovuto alla comparsa dei primi linea-

menti del girino. Il ragguaglio delle uova che non avevano seguitato a svilupparsi, era di 19 per cento nella cassula traversata dalla corrente; e di circa 24 per cento nell' altra cassula.

(*b*) Altro esperimento analogo al precedente feci verso la metà dello stesso mese. Nelle più piccole uova, il tuorlo principiava a spartirsi in semmenti; nelle più grosse, si era già composto il blastoderma. In una cassula che ne conteneva una cinquantina, introdussi i reofori di una pila composta con lamine di zinco e rame immerse nell' acqua salata. Otto giorni dopo erano tra quelle uova due girini molto vispi, uno dei quali (*fig.* 22) aveva l' intestino fuori dell' addome. La maggior parte delle altre erano pérfettamente bianche e molto allungate, nè vi si scorgevano bene manifesti i contorni del girino: in quella vece tutto v' appariva confuso e trasfigurato. Esaminandone alcune, dopo averle schiacciate tra due vetri, a 400 diametri d' ingrandimento, mi parvero formate di vescicole disuguali nella forma e nelle dimensioni. Alcune di queste vescicole avevano aspetto quadrilatero, ma con angoli poco netti, o come dire smussati, quali veggonsi in generale nelle stesse uova avanti la fecondazione; altre raffiguravano un trapezio; altre infine erano irregolarmente ovali, sessamoidi, piriformi, uncinate ec. (*fig.* 21). Nelle uova estratte dalla cassula ove la elettricità non aveva agito, le vescicole quadrilatere erano molto più numerose delle altre.

Rispetto a questi ultimi esperimenti due cose vogliono essere avvertite, cioè: 1. Che l' azione della elettricità, quando è di breve durata e non molto forte, oppure continua ma debolissima, non interrompe assolutamente lo sviluppo delle uova di rana: che non è quindi verosimile che i girini *conservati in un volume d' acqua relativamente insufficiente periscano se un uragano sopraggiunga mentre si trovano in quelle condizioni* (1). 2. Che tale azione, accelerando i moti embriogenici spesso li disordina. Del resto questa osservazione concorda con molte altre fatte anche di recente sui vegetabili (2).

(1) Vedi la citata memoria di Baudrimont e Martin Saint-Ange p. 539.

(2) V. *Action exercée par le courant d'induction sur les végétaux.* Note de M. Ch. Blondeau. *Comptes Rendus*, T. LXV. Novembre 1867.

III.

Effetti della elettricità sulle parti elementari dell' uovo e sui tessuti embrionali.

(a) Conducibilità elettrica di queste parti.

Nelle uova degli uccelli la massa vegetativa è racchiusa, come ognuno sa, in un sacco membranoso composto a strati concentrici, due dei quali sono discosti l' uno dall' altro, nel luogo della camera ad aria. Questo sacco che è rinforzato al di fuori da un incrostamento di materia calcarea, non conduce l' elettrico, almeno in tale quantità da essere notata senza l'aiuto di strumenti delicatissimi. Di guisa che lo sviluppo dell' embrione pare si operi in un mezzo coibente. Ma quando uno di cotali uovi è apparecchiato nel modo già descritto e si ponga nel circuito di una pila traversante un galvanometro ordinario, l'ago di questo annuncia il passaggio della corrente con un movimento impulsivo forte ed istantaneo.

Messi in sodo questi fatti, mi premeva d' accertare se tutta la massa vegetativa goda in ugual grado la proprietà di condurre l' elettrico; oppure la corrente spinta nell' uovo, incontrando materie diversamente conduttrici, percorra una di queste senza diffondersi nelle altre. Per la qual cosa ho fatto passare successivamente la corrente di un elemento Bunsen alto 12 centimetri, e caricato con una debolissima soluzione di acido solforico, attraverso le varie materie dell' uovo: ma questa corrente era sempre così forte che non mi fu possibile misurarla. Riuscii però ad attenuarne di molto la forza introducendo nel circuito un vaso pieno d'acqua comune. In tali condizioni se io versava lo stesso liquido anche nel vaso destinato per le materie da porre a cimento, l' ago del galvanometro deviava fino a 10 gradi, e dopo varie oscillazioni arrestavasi a due: se l' uno e l'altro vaso erano ripieni d'acqua distillata, il deviamento impulsivo diminuiva di tre gradi. Qui appresso è posta la enumerazione delle differenze osservate, rispetto alla proprietà di condurre l' elettrico tra le sopraddette materie.

Prospetto comparativo dinotante in qual grado la elettricità a corrente continua sia condotta dalle diverse materie dell'uovo.

Numero delle esperienze		MATERIE CIMENTATE	Deviazione dell'ago del galvanometro	
			Massima	Minima
			gradi	gradi
1.ª	Uova non incubate	Acqua comune	10	2
		Albume liquido.	11	2
		Albume coerente.	11	2
		Materia vitellina.	10	2
2.ª		Albnme liquido.	12	2,33
		Albume coerente.	11,50	2
		Materia vitellina	11	2,20
3.ª		Albume liquido.	11	2
		Albume coerente.	10	2
		Materia vitellina	10	2,33
4.ª		Miscuglio di albume e materia vitellina.	11	2,33
5.ª	Uova incubate sei giorni	Albume liquido.	11	2
		Albume coerente.	9	2
		Materia vitellina	8	2
6.ª		Albume liquido e materia vitellina.	9	2
		Albume coerente.	10	2
		Miscuglio di dette materie .	9,33	2
7.ª		Acqua distillata (1).	7	2
		Albume liquido.	7,66	2
		Albume coerente.	7,50	2
		Materia vitellina	7,50	2

(1) La medesima acqua era stata messa anche nell' altro vaso.

Queste cifre, quantunque non sempre perfettamente concordanti, pure addimostrano senza alcun dubbio che, rispetto al grado di conducibilità dell'elettrico, le materie vegetative dell'uovo non differiscono gran tratto. Stimo quasi inutile l'aggiungere che il corpo dell'embrione e il disco germinativo non conducono meno la elettricità che quelle altre parti; perciò tengo per fermo che nei miei esperimenti la corrente ha sempre traversato la massa interna dell'uovo, compresa tra i due fori pei quali la corrente stessa era introdotta.

(b) Stato degli organi embrionali dopo l'azione della elettricità.

Se un uovo, incubato per quattro o cinque giorni, facciasi traversare dalla corrente elettrica e dipoi si spogli dell'involucro esterno in tutto il tratto occupato dall'area germinativa, nulla per solito si scorge in questa che possa con certezza essere rapportato all'azione elettrica. Alcune volte ho trovato i vasi sanguigni molto più rossi del consueto; ma sono rimasto nel dubbio, se non dovessi piuttosto attribuire tale arrossamento al contatto dell'aria atmosferica. Più frequentemente m'è avvenuto di scorgere un movimento vermicolare dell'amnios, diretto verso la regione cefalica dell'embrione; il quale fenomeno, che ho pure osservato a un più tardo periodo dello sviluppo, anche in uova che non avevo assoggettate a sperimento, fu già da Baer tenuto in conto d'*una specie d'irregolare contrazione* (1).

Se non che io dubito questa interpretazione non sia esatta. Infatti nel sesto e settimo giorno di sviluppo, ed anche innanzi, l'embrione agita con molta vivezza tutte le sue membra tostochè il contatto dell'aria atmosferica lo punge; e siccome egli è appeso pel ventre al sacco vitellino, cotale agitazione si trasforma ben presto in un moto generale d'altalena del suo corpo; il qual moto si diffonde subito nel liquido in cui l'embrione stesso è immerso; cosicchè la membrana che accoglie l'uno e l'altro, pare quasi contrarsi come l'intestino durante la dige-

(1) Op. cit. pag. 88.

stione; ma in realtà essa segue passivamente le ondulazioni del liquido e nulla più.

(c) Stato molecolare delle materie nutritizie.

Allorchè le uova erano aperte cinque o sei giorni dopo averle assoggettate alla corrente, gli effetti di questa divenivano più appariscenti. Fra i quali effetti notai con maggior frequenza: 1.° il disgregamento e l'apparenza oleosa della materia vitellina: 2.° la liquefazione parziale e l'intorbidamento dell'albume: 3.° la diminuzione, talora assai notevole, della massa sanguigna: lo scoloramento di questa massa e un'alterazione sensibile dei suoi globuli. In generale havvi stretto rapporto tra l'intensità delle accennate alterazioni, e la gravezza dei disviamenti subìti dagli organi embrionali nella loro respettiva formazione. Non si vuol dimenticare frattanto ciò che altrove ho dichiarato: vale a dire, che questi fatti non sono riferibili alla elettricità siccome ad un potere specifico. Essi possono avvenire per cause differenti, nella maniera stessa che per cause differenti s'ingenerano le forme irregolari che la elettricità ne procaccia con singolare abbondanza.

(d) Stato di composizione delle dette materie.

Un mutamento delle materie nutritizie, come quello che ho accennato di sopra, non può operarsi senza che avvengano in pari tempo notevoli disordini nella loro composizione elementare; ma una minuta ricerca di questi disordini, spetta a chi abbia nelle chimiche operazioni la valentìa che si conviene per soddisfare a così grave còmpito. Io mi contento di riferire intorno a tale argomento alcuni fatti generali che risultano da semplici saggi comparativi; i quali fatti sono raccolti nei quattro prospetti qui uniti. Le materie designate in ognuno di questi prospetti erano diluite in ottantaquattro centimetri cubici d'acqua distillata: la soluzione, della quale mi sono valso in tutte le prove, si componeva di cinque parti d'acido solforico e novantacinque d'acqua: l'unità di misura prescelta fu un quinto di centimetro cubico.

1.

Alcalinità delle materie componenti la massa interna dell'uovo degli uccelli, valutata mediante l'acido solforico diluito.

Uova incubate.

Numero delle esperienze	Durata della incubazione	Materie cimentate	Peso grammi	Soluzione acida consumata	Rapporto per ogni 100 gr. di materia
1.	Quattro giorni. Embrione lungo 9 millimetri. Area vascolosa larga 27 millimetri . .	Massa interna	45,70	4,70	10,27
2.	Sette giorni. Allantoide distesa sopra un terzo della membrana testacea. Embrione lungo 21 millimetri.	Massa interna	49,30	4,90	9,94
3.	Sette giorni. Allantoide come nell'uovo precedente. Embrione lungo 21 millimetri.	Massa interna	45,05	4,50	9,90
4.	Dieci giorni. Embrione lungo 24 millimetri. Allantoide distesa sopra metà della membrana testacea.	Massa interna	38,30	3,80	9,92
5.	Quattordici giorni. Embrione lungo 46 millimetri. Sacco allantoideo completo	Massa interna	42,40	4,35	10,26
6.	Quattordici giorni. Embrione lungo 44 millimetri. Allantoide come nel precedente.	Massa interna	38,20	3,80	9,95

2.

Uova il cui sviluppo procedè in guisa non regolare, tuttochè la loro incubazione fosse operata nelle migliori condizioni.

Numero delle esperienze	Durata della incubazione	Materie cimentate	Peso grammi	Soluzione acida consumata	Rapporto per ogni 100 g. di materia
1.	Tre giorni e mezzo. Area vascolosa quasi del tutto scomparsa. Embrione lungo 10 millimetri; suoi vasi pieni di sangue nero. Albume e vitello torbidi e molto fluidi.	Massa interna	35,60	3,30	9,25
2.	Dieci giorni. Vasi allantoidei quasi vuoti e pallidi. Embrione morto da poche ore: colorato in rosso per tutto il corpo. Fegato d'aspetto come di cera, il lobo destro di questo viscere è lungo 7 millimetri, il sinistro 3 mill. Il primo si distende fuori dell'addome fin presso l'apertura anale, e termina quivi in una punta rigonfiata a guisa di capezzolo. L'embrione è lungo 30 millimetri, il tuorlo molto fluido e di colore plumbeo	Massa interna	43,40	4,00	9,22
3.	Undici giorni. Tuorlo liquido e torbido. Allantoide distesa su due terzi della membrana testacea. Embrione lungo 31 millimetri, colorato in rosso scuro per tutto il corpo.	Massa interna	43,50	4,10	9,43

3.

Uova assoggettate alla corrente elettrica nel terzo giorno dell' incubazione.

Num. delle esperienze	Qualità e densità della corrente	Durata della incubazione	Materie cimentate	Peso grammi	Soluz. acida consumata	Rapporto per ogni 100 gr. di materia
1.	d'induzione 50 m."	Cinque gior. Emb.e appena delineato; area vascolosa come nel secondo giorno di sviluppo; ma con pochi vasi di color pallido. Albume e materia vitellina sciolti come siero, e di colore cenerognolo. .	Massa interna	45,00	4, 15	9, 22
2.	»	Sette giorni. Vasi dell'area vascolosa di color rosso vinoso. Sono terminale in parte ripieno di liquido chiaro. Vitello molto fluido. Embrione lungo 6 mill.e di color rosso fosco.	Massa interna	30,20	3, 65	9, 31
3.	»	Otto giorni. Grandezza dell'area vascolosa 27 mill.; suoi vasi tutti ripieni di umore giallastro, tranne quelli prossimi alla estremità cefalica dell' emb.e Questo, lungo 8 mill., è di color rosso vinoso. Tuorlo molto fluido. . .	Massa interna	44,20	4, 10	9, 28
4.	continua 50 m."	» Area vascolosa 26 mill. Fitte ecchimosi in luogo di vasi sanguigni; sangue di color rosso vinoso. Tuorlo fluido. Emb.e trasformato in una massa sferoidale biancastra. Diametro di questa, 2 millimetri e mezzo . . .	Massa interna	36,60	3, 40	9, 29
5.	»	» Area vascolosa 32 mill., vitello fluido. Vasi sanguigni scarsi nel mezzo dell' area. Emb.e come il precedente.	Massa interna	35,60	3,30	9, 27

4

Uova non incubate.

Numero delle esperienze	Materie cimentate	Peso grammi	Acido consumato	Rapporto per ogni 100 parti di materia
1.	Massa interna	39,70	6, 60	16,88
2.	Massa interna	40,50	7, 80	16,77
3.	Massa interna	50,99	8, 60	16,89
4.	Massa interna	52,60	8, 90	16,92
5.	Massa interna	55,00	9, 30	16,90
6.	Massa interna	57,50	9, 75	16,96
7.	Massa interna	48,85	8, 20	16,80
8.	Massa interna	48,50	8, 20	16,90

Le modificazioni apportate dalla corrente elettrica nel processo embriogenico degli uccelli e dei batrachidi sono adunque assai notevoli, così per il numero degli individui che ne porsero esempio, come per la loro varietà. Ma tra tutte si vogliono ponderare specialmente quelle enumerate negli ultimi prospetti, perchè mettono avanti agli occhi un fatto teratologico non ancora studiato; cioè che per rispetto agli uccelli, la reazione alcalina, nella massa interna dell'uovo, la quale suol rallentarsi durante lo sviluppo, si rallenta molto più quando la formazione dell' animale non procede regolarmente.

Ci resta ora da ricercare per una parte la essenza propria di tutte le deviazioni dello sviluppo che succedettero ai varii

espedienti adoperati da noi a procacciarle; e per l'altra le relazioni scambievoli delle medesime deviazioni, almeno laddove possiamo mettere in chiaro senza discostarci dalle regole di una temperata induzione. La quale pare a me contraria alle interpretazioni esclusive, che dei due elementi embriologico e patologico ne considerano in quei fatti uno soltanto, o non danno ad entrambi tutto il valore che loro compete. Alcune delle considerazioni nelle quali dovrò entrare, specialmente rispetto alla prima di queste ricerche, si collegavano forse più immediatamente al sunto che diedi in principio delle dottrine professate dai più su questa materia. Ma io ho creduto doverle posporre alla narrazione de' miei esperimenti, non fosse altro perchè da questi soltanto vi sono stato, quasi direi, condotto.

IV.

Caratteri essenziali dei disordini apportati nello sviluppo delle uova d'uccelli e di batrachidi, coi mezzi fisici e meccanici.

Nelle descrizioni particolari di questi disordini io non mi detti cura di raccorre i tratti distintivi degl'individui che li avevano sofferti, nè di raffrontare gli stessi individui agli esemplari di mostruosità ricordati negli autori che direttamente o indirettamente trattano di cose teratologiche. Ed anco evitai quanto potevo, senza rischio di essere frainteso, le voci usate dagli stessi autori a significare il complesso di quei medesimi tratti; i quali io credo oramai male si rappresentino alla mente con denominazioni astratte, solo appropriate ed evidenti per quelle scienze che risguardano le forme normali. E giova assai più dichiararli separatamente o per modo che il nome assegnato a ciascuno ne ritragga quanto meglio si possa la indole, chi non voglia confondere insieme condizioni organiche tra loro assai differenti. Gli è certo per questo motivo che le classificazioni dei mostri, quali acutamente le immaginò Stefano Geoffroy, valendosi del metodo usato per le specie naturali, furono lasciate in disparte da molti autori; i quali appagaronsi in

quella vece di aggruppare i mostri stessi, soltanto nel modo più atto a renderne lo studio agevole ed efficace. Otto (1) prima, in seguito il Todd (2) s' appigliarono a siffatto espediente. Se non che del primo fu detto che nella genesi delle mostruosità aveva messo innanzi troppo spesso l' azione delle malattie embrionali, e considerate queste da un aspetto soverchiamente ontologico. Non si vuole però dimenticare che questo autore pubblicò il suo libro nel 1841, quando il definire le malattie ontologicamente era attenersi alle regole allora seguite da quasi tutti i patologi. Rispetto a quell' altro punto, io trovo che fra i mostri da lui considerati come manifestamente dependenti da malattie, ve ne hanno molti ove per lo meno non si può neppure oggi negare che siavi stato patologico. Basti ricordarne tre dei più importanti. Il primo è un feto umano con idrocefalo e rachitide. In questo individuo tutti i visceri erano assai piccoli; le ossa ugualmente piccole, molli e sanguinolente; il fegato vizioso nella forma: v' aveva idropisia polmonare con indurimento della membrana esterna del viscere; il cuore era pure di forma irregolare. Il secondo concerne un altro feto umano nella cui faccia si vedevano tre tumori peduncolati rossastri; uno sul lato sinistro; un altro sul lato destro; il terzo al dinanzi dell' orecchia di questo lato. Infine l' ultimo porgeva segni d' idropisia cerebrale; gli arti più brevi del consueto; cervello in alcune parti unito alla dura madre per effetto, dice l' Autore, d' infiammazione essudativa; glandule soprarenali idropiche e membranacee. Otto termina la descrizione generale dei caratteri che contrassegnano i mostri per effetto di palesi malattie, con queste parole: « Del resto chiunque abbia letto per intero e attentamente le nostre descrizioni dei mostri della prima classe, e dei primi tre ordini della terza, spero non rimarrà in dubbio che quando per verificare i giudizi relativi ai morbi, sarà esplorato un maggior numero di mostri, non abbia quest' ordine ad accogliere maggior numero e varietà di esempi » (3). E di questi esempi

(1) *Monstrorum sexcentorum descriptio anatomica*. Vratislaviae 1841.

(2) Op. cit.

(3) Pag. XX.

se ne potrebbero citare oggi parecchi. Il Lebert (1), per dirne uno, racconta d'una donna che ammalatasi di vaiuolo verso il quarto mese di gravidanza, abortì trenta giorni dopo la comparsa della prima eruzione vaiuolosa. Il feto che era lungo due decimetri, aveva tutti i caratteri coi quali è contrassegnata l'età di quattro mesi della vita intra-uterina nei trattati d'ostetricia. Esso era malato di vaiuolo come la madre. Le pustole non apparivano molto numerose, ma avevano caratteri bene manifesti. Ve n'erano in maggior copia sulla testa; alcune sul collo, sul torace, sul dorso, sulla nuca, sulle membra: avevano in media da tre a quattro millimetri di diametro: erano ombelicate nel centro, ma non contenevano pus, sibbene una materia granulosa e torbida. Questi fatti dimostrano che in generale le malattie solite incogliere agli animali adulti, non eccettuate le specifiche, si veggono anche nell'embrione, sia che vi s'ingenerino spontaneamente, sia che vi si propaghino dal corpo materno. E perciò in molti casi non v'ha d'uopo nemmeno della restrizione fatta dal Panum (2) per mettere in accordo i processi patologici del primo periodo vitale, con quelli che avvengono in seguito.

Venendo ora all'oggetto principale di questo capitolo, cioè alla ricerca della natura de'disordini organici congeniti da me descritti, abbiamo veduto che i fondamentali e più comuni risguardano il volume e la struttura degli organi (3). Cosicchè

(1) *Anat. Pathol.* T. II. pag. 657.

(2) V. a pag. 200.

(3) Le anomalie di volume sono considerate da quasi tutti gli Autori sotto l'aspetto embriologico. Isidoro Geoffroy le pone tra le emiterie (mezze mostruosità) che comprendono anco quelle di forma, di struttura, di disposizione, di numero ed esistenza. (Op. cit. Tom. 1. Tav. 1. pag. 91). Chi consideri le anomalie rispetto agli organi ove si formano, e non agli individui che le subiscono, può rendere questa divisione molto più semplice. Ed invero accade assai di rado che il volume d'un organo patisca aumento, o pure diminuzione, senza che le sue forme si mutino del pari sensibilmente. Lo stesso Geoffroy ammise che le anomalie di forma potessero essere valutate come risultamento di parziali alterazioni di volume. (Tom. 1. pag. 93). Ora, quando i due fatti qui accennati avvengono durante lo sviluppo, un terzo fa loro seguito più o meno prontamente; cioè il mutarsi dell'assetto o disposizione normale di tutte le parti che stanno attorno all'organo a quel modo cangiato. E quindi gli elementi che costituiscono proprio le anomalie degli organi speciali, (eccettuate alcune di

la maggiore o minore esattezza dei nostri giudizi intorno alle deformità del cui complesso erano parte, dipende più che altro dal concetto che ci possiamo formare di que' due mutamenti; intorno ai quali giova perciò sia tenuto particolare discorso.

In qualunque periodo fetale, uno o più organi possono offrire un volume non conforme al loro tipo specifico, o per grandezza soverchia, o per soverchia piccolezza. Nel primo caso dicono che vi ha eccesso di sviluppo: nel secondo caso difetto. È a tutti noto che ogni anomalia, anco delle più semplici, attiene a mutamenti elementari del lavorìo embriogenico. Ma questi mutamenti sono anche, sto quasi per dire, il *punctum saliens* dei processi morbosi; e però la nozione generale delle alterazioni di volume che ne vien pôrta colle denominazioni sopra notate, lascia indeciso a qual ordine di fenomeni si debbano riferire, se agli embriologici, o ai morbosi. Nella maggior parte delle opere d'anatomia patologica, anco recenti e molto stimate, si ripete: spettare a questa scienza lo studio delle alterazioni che avvengono nella struttura degli organi ed hanno fondamento in un disordine della nutrizione; essere invece riserbato alla embriologia quello dei turbamenti di sviluppo; come se i disordini della nutrizione non fossero anche la origine da cui muovono i turbamenti di sviluppo. Siffatta distinzione non ha quindi valore ben determinato, perchè a quel modo ambedue le scienze avrebbero uguale diritto ad essere chiamate interpreti delle due serie di fatti. Ed invero, quanto al soverchio ingrossamento, ciò che l'una denomina eccessivo sviluppo nell' embrione, è dall' altra distinto nell' animale adulto colla voce ipertrofia che significa lo stesso, ed esprime soltanto il rapporto tra lo stato attuale di un organo, e questo stato quale dovrebbe essere. Se dunque l' eccesso di volume o di sviluppo e l' ipertrofia hanno comune origine, e per un certo tratto comuni apparenze, ove differiscano, se ne deve cercare la causa nelle modificazioni a cui possono andar soggetti, dopo che sono

quelle che si riferiscono al numero delle parti, e le chiamate dal Geoffroy *eterotassie*, appartenenti alle mostruosità unitarie propriamente dette) sono le alterazioni di volume, (che vuol dire spessissimo anco di forma) e di struttura. Tutti gli altri mutamenti non raffigurano in generale se non che modi vari del combinarsi di quelle.

incominciati come processo teratogenico, o come processo morboso.

Gli embrioni pôrti in disegno nelle figure 1. e 2., avevano il cuore molto grosso, ma non mutato nella sua struttura, almeno in apparenza; e quindi raffigurerebbero (per ciò che risguarda il cuore soltanto) due casi d' eccesso di sviluppo. D' onde si può anche inferire che se gli embrioni stessi avessero continuato a vivere, forse poteva accadere che la irregolarità si raffrenasse naturalmente, per modo da lasciare tutto l' organismo comporsi come se nessuno accidente non ne avesse mai incagliata la formazione. Il fatto era certo possibile finchè il tessuto cardiaco si conservava normale. Però questo ragionamento non è applicabile a tutti i casi. Per esempio l' ipertrofia della glandula tiroidea che in certi paesi guasta così di frequente, nella specie umana, le proporzioni del collo, dovrebbe essere allogata tra i così detti vizi per eccesso, quando i bambini la recano seco dalla nascita; tanto più che allora il parenchima glandulare non offre, generalmente, alcuna variazione di struttura: e tra le lesioni patologiche, quando essa avviene durante la vita. Ma così i vizî per eccesso s' avrebbero ad ammettere anco nei vecchi, che pure vanno soggetti alla ipertrofia tiroidea; poichè in questi come nel feto, tale affezione non altera dapprincipio sensibilmente la struttura dell' organo, e non l' altera se non che molto tempo dopo la sua apparizione.

Il Porta (1) in cento cadaveri d' individui adulti che porgevano segni di gozzo, ne trovò appena 14 con ipertrofia generale dell' organo, per semplice aumento di nutrizione. La quale specie d' ipertrofia, per contrario, vide spesso nei bambini, in alcuni dei quali raffigurava un vero gozzo, esteso dal mento allo sterno. Ma quando tale affezione aveva principiato da molto tempo, il parenchima della glandula era trasmutato talora in una carne rossiccia, molle fragile, omogenea, vascolare, che a 200 o 300 ingrandimenti aveva sembianza come d' un aggregamento di bolle nucleate e di granuli. In altri casi vide, tramezzo al parenchima sano, fibre isolate o trabeccole resistenti:

(1) *Delle malattie e delle operazioni della glandula tiroidea.* Milano 1849, pag. 53 e segg.

e in alcuni lobi un tessuto fibroso attorno ad ammassi isolati d'acini glandulari; laddove in altri luoghi, degli acini rimaneva appena vestigio; oppure erano scomparsi, e ne teneva il luogo un tessuto fibroso di nuova formazione; il quale era sovente denso, fitto, con nuclei cartilaginosi o calcarei, e si estendeva a grandi tratti del tumore e lo costituiva tutto intero. Sicchè qualche volta pareva come se la glandula fosse contessuta a simiglianza dei comuni tumori fibrosi. Il Porta descrive molte neoclasie raffiguranti trasmutamenti morbosi della glandula tiroidea e consecutivi di quella ipertrofia, come cisti sierose, colloidi, ematoidi, melanoidi, ateromatose; sarcomi, condromi, osteomi, degenerazioni scirrose ec. Quando il gozzo, egli dice, si presenta in forma di tubercolo circoscritto in un punto della glandula tiroidea, si potrebbe quasi scommettere che è formato da un prodotto nuovo (1).

Par chiaro adunque che i teratologi, nel definire tutti i casi d'aumentato volume degli organi embrionali come eccesso di semplice sviluppo, si preoccuparono troppo dei caratteri specifici; come molti patologi posero l'ipertrofia tra gli arti morbosi, più per l'impedimento da essa arrecato alla funzione dell'organo che la subisce o d'altri vicini, che non per la natura stessa del processo da cui è veramente contrassegnata. Il quale rappresenta per sè una serie d'atti organici, non fisiologici nel più stretto significato di questa voce; quantunque si operi con leggi e modi ordinarii, e non contrasti alla salute ed alla vita, se non quando piglia notevoli proporzioni o dà motivo a neoplasmi; in una parola quando è continuo. Onde il Virchow, considerandone il procedimento, venne tratto ad ammettere due maniere d'ipertrofia; una semplice, ove gli elementi cellulari dei tessuti diventano più voluminosi senza crescere in quantità; l'altra, numerica o iperplasìa nella quale l'accresciuto volume dell'organo dipende da moltiplicazione delle parti elementari dei tessuti medesimi (2). Ora, l'alterazione del cuore e del pericardio che io ho designata con vocabolo più generico ipersarcosi (1),

(1) Pag. 262

(2) *Pathologie cellulaire* pag. 55. Paris 1861, trad. par P. Pichard.

(3) V. pag. 272.

l' inspessimento dell' amnios (1), l'alterazione del fegato discoperta nell' individuo del numero due, tra quelli descritti nel primo dei prospetti inseriti a pagg. 284-287 dimostrano che negli embrioni d' uccelli, vere ipertrofie sono, non che possibili, assai comuni. Solo riesce malagevole il decidere quando esse abbiano ad essere considerate come semplici, quando come numeriche; sebbene la predominanza di elementi piccolissimi che si osserva talvolta nei tessuti a quel modo affetti (2), ne faccia credere che la seconda forma non debba essere molto rara.

Il difetto di volume o atrofia è tra i mutamenti d' organogenesi, quello che meglio s' acconcerebbe alle idee embriologiche. Perocchè un organo il quale a un dato periodo dello sviluppo cessa di crescere dà origine necessariamente ad anomalie più o meno gravi. Ma quando in quest' organo oltre al rallentarsi o cessare dello sviluppo, s' ingenera un vero processo di atrofia che ne guasta gli elementi e li consuma, per dar luogo ad altri elementi e ad altri tessuti, non si può dire atto fisiologico. È pur vero che l' atrofia va annoverata tra i fenomeni che cooperano al processo ordinario dello sviluppo; infatti nei corpi di Wolff in specie, e generalmente in tutti gli organi transitori, havvi atrofia ad un certo periodo dello sviluppo, e sembra procedere da cangiamenti nelle attrazioni molecolari; ma essa piglia talvolta carattere patologico, per esempio nei muscoli, ove le fibre elementari s' assottigliano e si guastano per un lavorio profondo che termina sovente colla trasmutazione quasi totale delle fibre stesse in un tessuto adiposo. È noto generalmente che in certi casi l' atrofia di un tessuto può essere congiunta alla ipertrofia di un altro. Anco di questa specie d' alterazione io trovai esempi nei casi da me designati come deformazioni di tutto il corpo (3), e che differivano ben poco dalle atrofie descritte dal Panum; sebbene non procedessero, come vedremo, dalle medesime cause prossime.

Le alterazioni di struttura, come quando le ossa non hanno la loro durezza naturale, sono di certo arresti di sviluppo, se

(1) Ivi.
(2) V. la figura 8. della seconda tavola.
(3) Pag. 276 e segg.

noi consideriamo il fatto anatomico esterno in relazione al peso, al volume, alla configurazione che le ossa stesse dovrebbero avere in quel dato periodo embriogenico nel quale le osserviamo. Ma questo arresto di sviluppo procede da un disordine della nutrizione che avviene anco dopo la nascita, ed è accompagnato e seguito da altri disordini morbosi poco differenti nei due casi. La voce rachitide che per se stessa esprime una parte di questi disordini, nè certo in modo preciso, pure nella significazione comune serve ad indicarli tutti insieme. Ma le ossa non sono i soli organi che patiscano rammollimento. Questo avviene durante la vita embrionale anco nei tessuti naturalmente molli e delicati come la pelle, il tessuto nerveo ec. I teratologi che seguono i principii della embriologia, non hanno molto badato a cosiffatta lesione, la quale è assai frequente durante la vita fetale. Todd (1) ammette come probabile che l'acrania succeda talvolta alla rottura delle vescicole cerebrali; ed il Panum (2) che la spina bifida sia essa pure collegata, in certi casi, ad una malattia delle lamine dorsali. Altri hanno parlato di rottura del pericranio o meglio pericefalo, ed anco di cicatrici osservate in questa parte nei mostriacefali; ma in modo generale, e senza darsi pensiero di precisare la natura del processo morboso che aveva preceduto questa o quella. Nei fatti raccontati da me, le lesioni di tessitura erano spesso l'elemento principale della mostrnosità. Dirò tra poco quale ne fosse il significato teratologico. Basti per ora accennare che tali lesioni sembrano dovute a quei processi che Wirchow denomina passivi o necrobiotici, e raffigurarne tutti i gradi, dal semplice indebolimento nell'attività funzionale delle parti elementari dei tessuti, alla totale loro scomposizione.

Nè con ciò si creda che io voglia attribuire a tutte le anomalie più volte notate, carattere patologico. Spesso l'indebolirsi o il soverchiare delle azioni nutritive, che è come il cominciamento dei processi morbosi d'ogni periodo vitale, non si appalesa in quello embriogenico per mutamenti elementari sensibili; ma più ancora si accomoda talvolta alle condizioni gene-

(1) V. a pag. 191.
(2) V. a pag. 204-205.

rali dell' organismo, specialmente quando non risguarda organi molto delicati ed importanti. Questi ultimi casi debbono essere annoverati tra le così dette aberrazioni di sviluppo in generale, o vizi di configurazione; e sotto questo titolo io ne esaminerò ora la genesi.

V.

Dei disordini di semplice sviluppo e di quelli patologici considerati nei loro rapporti colle deformità individuali.

Conforme ai principii che ho stabiliti precedentemente, io divido tutte le irregolarità osservate nel corso dei miei esperimenti in due serie, accogliendo nella prima quelle che risguardano l' aspetto degli organi senza manifesta lesione dei loro tessuti; le quali esprimo colla voce *Allomorfie* ; e ponendo nella seconda tutte le altre in cui il cangiamento di figura conseguita sempre direttamente o indirettamente a guasti dei tessuti medesimi. Qneste io denomino *Disistie.*

Le allomorfie erano avvenute, ora in un solo organo, ora in diversi organi d' una data regione; ora finalmente in regioni molto distanti tra loro, e che non hanno rapporti anatomici nè fisiologici diretti. Nel secondo dei casi accennati le deformazioni si compierono tutte in un tempo, o sivvero l' una fu causa immediata dell' altra. Sono allomorfie i vizi delle ossa, le estroversioni semplici del cuore e dei visceri del ventre; la spartizione dell' allantoide in due sacchi, e l' ineguaglianza delle vescicole cerebrali (1).

Le disistìe si appalesarono come forme mostruose in due modi. Ora l' organo o gli organi avevano perduto il loro aspetto naturale per causa delle lesioni sofferte dai loro tessuti; ora il guasto avvenuto nella struttura d' un organo aveva dato motivo a cangiamenti di sviluppo in un altro. In tal caso s' aveva insieme allomorfia e disistìa. Appartengono alle disistie l' ipersarcosi del cuore con stato patologico del suo tessuto e del pe-

(1) Vedi le descrizioni di queste anomalie.

ricardio, gli indurimenti e i disgregamenti dell' amnios, i neoplasmi, l' idroemia, l' emiencefalia (1), la degenerazione adiposa del fegato, lo stato amorfo di tutto l' embrione ec. Il succedersi delle due serie di disordini come effetti alla causa, contrasta alle spartizioni dei mostri fatte col metodo così detto naturale. Vediamo ora fino a qual punto se ne possa determinare il processo etiologico.

(*a*) Allomorfie.

Nè lesioni patologiche di parti membranose temporanee, nè insufficienza d' involucri quali furono recati in mezzo come prove della origine meccanica di molte tra le anomalie unitarie o d' un solo individuo, apparivano negli embrioni in cui le ossa o il cuore si connettevano alle altre parti in una maniera inusitata, pur conservando la loro consueta struttura. Di modo che non mi restava altro indizio del loro rapporto causale coll' azione già fatta subire alle uova nei primi giorni della covatura, tranne il cangiamento che avevo scorto nell' albume e nei granuli del tuorlo, avanti di scoprire quelle imperfezioni; mutamento che di certo poteva rappresentare una discrasìa. Ma se questa discrasìa fosse causa o effetto del processo che aveva dato motivo alle alterazioni organiche locali, lo dirò dopo aver fatta l' analisi delle disistìe. Pertanto si vuole avvertire che delle anomalie raffigurate da semplici modificazioni dei rapporti anatomici tra un raggio osseo ed un altro, da storcimenti ec. non si può procacciare una spiegazione soddisfacente (chi non voglia correre alle ipotesi) nemmeno in quella parte che risguarda la forma esteriore. Diversa sentenza è da tenere forse rispetto alle ettopie del cuore e alle imperfezioni delle pareti toraco-addominali, purchè ci appaghiamo di quei giudizi che si possono ricavare dall' esame superficiale delle parti, saltando a piè pari tutta la serie dei fenomeni che collegano la causa eccitante esterna all' ultimo atto teratogenico, cioè alla formazione

(1) Io designo qui col nome di emiencefalia, tolto a Isidoro Geoffroy, il caso descritto a pagg. 274-275, sebbene il tumore che teneva luogo d'encefalo e di cranio, non avesse aspetto vascolare.

mostruosa. Infatti il cuore, come sa ognuno, discende dalla regione inferiore della testa, nella cavità toraco-addominale, quando già la doccia di questo nome è divenuta assai profonda.

La ettopia semplice può quindi avvenire in due modi; o perchè le lamine ventrali non arrivano a congiungersi insieme nella loro parte anteriore; o perchè la discesa del cuore verso il tronco non si compie nel modo ordinario. Del primo caso si è da taluno cercata la ragione (1) negli aderimenti di quelle lamine alla periferia del disco germinativo: ma questo aderimento poteva, laddove fu osservato, conseguitare al processo d'atrofia, invece d'esserne la causa. Rispetto al secondo caso, è il cuore che cangiando i suoi rapporti col torace, impedisce alle dette lamine di congiungersi.

Negli esemplari descritti da me, tale impedimento proveniva qualche volta dalla direzione del cuore, che era quasi verticale all'asse del tronco. Ma più di frequente non poteva aver luogo il dubbio che quest'organo fosse cresciuto con soverchio rigoglio, e da ciò provenisse il suo sporgimento fuori della cavità toraco-addominale.

La ettromelia appariva negli embrioni num. 4 e 5, Tav. 2. Nel primo non si vedeva alcun segno degli arti; nel secondo erano cosiffatti, che in quelli anteriori tu non ravvisavi la forma di ali; nè in quelli di dietro, le solcature che contrassegnano la spartizione delle falangi.

Chi guardi che in questi due embrioni, oltre al difetto della estremità, hannovi altri vizi di forma e anco di struttura, difficilmente rimarrà convinto che abbiano dovuto comporsi tutti a quel modo, per forza di azioni meccaniche. Perocchè non si comprende come tali azioni (e siano pure esterne o interne, circoscritte o generali, prementi o distendenti) possano dare origine, nello stesso individuo, alla ettromelia e allo spartimento dell'allantoide in due sacchi, o alla ettromelia e all'ipersarcosi del cuore. Fu detto esser legge che risguarda insieme lo stato normale e le condizioni irregolari, la frequente combinazione in un medesimo organismo dello sviluppo esagerato d'una parte con

(1) Vedi pag. 202.

la degradazione d'un' altra (1); ma questa legge ha molte eccezioni; e poi ella afferma ad ogni modo un fatto assai complesso di cui s'ignorano i particolari, sicchè non fa al caso nostro. In codesto si vorrebbe almeno chiarito se le mutate forme degli organi embrionali s'abbiano a considerare come conseguenze dirette delle alterazioni patite dalle membrane circostanti all'embrione, (agglutinamenti, ingrossamenti ec.) o soltanto del processo vegetativo di questo. La quale nozione non ci può esser pôrta per via di leggi generali come quella enunciata di sopra.

Ho già dichiarato, che ove le membrane dell'uovo si uniscono insieme e perdono la consueta tinta, siamo certi di trovare tutto il corpo dell'embrione atrofico, o per lo meno in qualche parte mostruoso; ma non essere provato quale sia la vera relazione che unisce questi due fatti. Nel caso, per esempio, in cui l'allantoide è spartita in due sacchi, non si può dire che l'agglutinamento della membrana vitellina al foglietto sieroso periferico, (che pure era avvenuto) abbia cagionati, per compressione o stiramento, i guasti dell' amnios; e che questo, prima di disfarsi, abbia agito sugli organi embrionali nella stessa maniera, rendendoli perciò mostruosi. Tale supposizione potrebbe sembrare più verosimile rispetto all'altro embrione (N.° 5.), perchè quivi l'amnios, sebbene perfetto, era privo di liquido e per giunta inspessito. Ma io trovai in questo caso, contenente e contenenuto nelle loro ordinarie proporzioni, così che l'animale non pativa compressione veruna. Nè s' ha nemmeno da tacere che in generale non può essere compresso, salvo che non si voglia ammettere lo stesso amnios possa essere colpito d'atrofia a metà di sviluppo, o cessare di accrescersi se formato, mentre l'embrione dentro rinchiuso seguita a svilupparsi come innanzi. Quelli che opinano in tal guisa, attribuirono all'amnios ed alle unioni sue con altre membrane dell' uovo, molta parte nella genesi delle anomalie. Ma non pensarono che ogni vizio di quel sacco deve necessariamente procedere da un disordine della nutrizione, che è poco verisimile rimanga circoscritto al sacco

(1) Merckel, Op. cit. vol. I.° pag. 549; vedi anche I. G. Saint-Hilaire, Op. cit. Tom. 1, pag. 196.

stesso. Perciocchè, qualunque esser si voglia il nostro giudicio circa i primi atti d' embriogenesi, niuno può aver dubbio che la lamina sierosa del blastoderma, da cui l'amnios proviene, cooperi eziandio alla composizione dei centri nervosi, della pelle, fors'anco delle vertebre e d'altri organi destinati alla vita di relazione. E quindi, ove l' amnios è manchevole, o rigido per soverchio spessore delle sue pareti, o rotto, e l' embrione ivi rinchiuso irregolare, gli è da credere che l'embrione stesso sia stato primo a risentire gli effetti del disordine sovraccennato. Chè davvero quando la lamina sierosa blastodermica non è in condizioni normali, si pena a comprendere ch'ella cessi di svilupparsi o s' alteri da un lato, continuando rogolarmente le sue metamorfosi dall'altro; ove per soprappiù tali metamorfosi debbono succedersi con sorprendente rapidità e metter capo ad organi assai complessi.

Ma torniamo alla ettromelia. Quando cosifatta mostruosità è completa, e sia pure toracica, addominale o d'altra maniera, non si scorge nessuna relazione causale tra essa e lo sviluppo maggiore o minore dell'amnios; perocchè i rudimenti degli arti sono già visibili negli uccelli innanzi che termini il terzo giorno della incubazione, cioè quando l' amnios è tuttava imperfetto; ed al quarto giorno, in cui questo sacco si chiude dal lato dorsale dell'embrione, gli arti stessi hanno già acquistato notevole lunghezza. Laddove la ettromelia è parziale, la difficoltà di subordinarla a difettosa formazione dell'amnios non iscema. E per certo, volendo anche ammettere che quest'organo possa talvolta frapporre ostacolo all'accrescimento dell'embrione, non si potrà negare però che quest'ultimo, fino dal primo giorno del suo sviluppo, sia fortemente incurvato sul ventre, in special modo colla estremità cefalica. Quindi gli arti anteriori dovrebbero in ogni caso esser meglio difesi da tale azione che gli inferiori; i quali, perchè anche più tardivi a svilupparsi, sono soggetti ad essere compressi nel loro primo germogliamento vicino all'orlo delle lamine ventrali. Ora, queste condizioni embriogeniche dovebbero rendere la ettromelia addominale molto più frequente di quella toracica; se non che l'osservazione dimostra tutto il contrario.

Ma il potere teratogenico che si vorrebbe ascrivere all'am-

nios quando più dell'usato conserva la sua primitiva continuità col foglietto sieroso periferico, appare tanto meno verosimile ove un solo arto è abortito. Dacchè, qualunque sia il grado di sviluppo a cui l'amnios stesso si arresta, non si può menar buono ch'ei comprima siffattamente un lato dell'embrione da impedire che l'arto respettivo si formi, senza porre ostacolo nel tempo stesso allo sviluppo dell'arto omonimo. Anche in quei casi nei quali l'embrione ha preso una positura inversa rispetto al sacco vitellino, non si può asserire con certezza se la pressione che quello subisce dentro ai propri involucri, abbia ad essere più forte da un lato che da quello opposto. Del resto la ettromelia non pone ostacolo nè alla vita nè alla salute, ed è talvolta ereditaria; quindi le sue cause sono riposte in ben altri disordini che non siano gli agglutinamenti delle membrane superficiali, e l'arresto di sviluppo dell'amnios; i quali, quando avvengono, sono succeduti sempre e in modo assai sollecito dalla morte dell'embrione, che non giunge mai alla lunghezza di quindici millimetri. E questo mostra, che gli agglutinamenti stessi non raffigurano (giova ripeterlo) disordini dello sviluppo primitivi, da valere quali cause meccaniche di più profonde alterazioni. Nell'embrione raffigurato al num. 4 Tavola II. la membrana vitellina ed il foglietto sieroso periferico formava tutto uno strato col foglietto vegetativo, per quel tratto, s'intende, che non avvolgeva la massa embrionale. Però mentre il sacco amniotico era disfatto e assorbito l'allantoide spartivasi in due, ed il cuore si accresceva più che non comportasse il volume dell'animale. Lo che significa, mi sembra, il disordine non essere circoscritto, ma piuttosto generale; e si vede ancora che tra le varie appariscenze di questo disordine non c'è rapporto di causa ad effetto. Lo stesso può dirsi della ineguaglianza dei corpi quadrigemini (fig. 10), la quale non sapremmo spiegare, nè per la idropisia encefalica, nè per la rottura del pericefalo. Par chiaro adunque che alla genesi delle allomorfie semplici non cooperarono azioni meccaniche esterne, almeno per guisa che basti a porgercene ragione.

(b) Disistie.

I disordini che sono principalmente contrassegnati da guasti dei tessuti non hanno tutti, come ho detto, il medesimo carattere. L' esencefalia trae la sua denominazione dall' uscita del cervello fuori del cranio; la quale uscita avviene per effetto d' un movimento di quell' organo in alto, in avanti, o verso il di dietro; perlochè Isidoro Geoffroy Saint-Hilaire (1) formò di questa famiglia di mostri sei generi divisi in due sezioni, cioè:

A. *senza fessura spinale.*

1.° Encefalo situato in gran parte fuori del cranio al di dietro di questo, che è aperto nella regione occipitale. Notencefalo.

2.° Encefalo situato in gran parte fuori del cranio e sul dinanzi. Proencefalo.

3.° Encefalo come i precedenti, ma nella parte superiore del cranio, che è in questo luogo imperfetto. Podencefalo.

4.° Encefalo situato al di sopra del cranio, le cui pareti mancano quasi del tutto. Iperencefalo.

B. *con fessura spinale.*

5.° Encefalo situato alquanto in addietro e in basso, parte nel cranio, parte fuori di questo, che è aperto nella regione occipitale. Iniencefalo.

6.° Encefalo situato in gran parte fuori e dietro della cavità craniale, cui manca in gran parte la parete superiore. Esencefalo.

In quasi tutti i generi, la pelle chiude l' encefalo come in un sacco. Ma questo carattere risguarda più specialmente i mostri umani. Negli uccelli, l' esencefalia va ordinariamente congiunta a imperfezione del pericefalo. Ora, questa parte si può lacerare per effetto di necrobiosi; e quindi, l' encefalo, ri-

(1) Op. cit. T. II, pag, 214.

masto a discoperto, crescere in quelle condizioni, e crescendo impedire che il cranio si formi e ricompongansi insieme i tessuti che dovrebbero coprirlo (*fig.* 9 e 10). Qui l'encefalo non è uscito fuori della sua cavità ordinaria, ma si ruppero le parti ancor molli destinate a contenerlo, innanzi di consolidarsi. E frattanto si hanno i due principali caratteri dell'esencefalia, cioè cranio imperfetto e cervello sporgente fuori di esso. Ma tale ragionamento non è appropriato per l'emiencefalia, ove la trasformazione del cervello e del cranio in un tumore (*fig.* 11), equivale al comporsi di un tipo mostruoso; cosicchè nel primo caso il processo patologico dà motivo alla mostruosità, e nell'ultimo la rappresenta per se stesso.

Da un'altra parte l'idroemia e l'iperemia, che pur debbono in molti casi menare alla mostruosità, (come infatti avvenne nell'embrione descritto a pagg. 274-75) erano accompagnate in qualche caso da neoplasmi, i quali è assai probabile che a que' due atti morbosi fossero consecutivi e etiologicamente connessi.

L'ipersarcosi cardiaca dell'embrione n.° 5-7 (*Tav. II.*) non era congiunta ad ettopia. La qual cosa farebbe credere che essa avesse incominciato a formarsi dopo avvenuta la unione delle lamine ventrali tra loro. Da un altro lato, le alterazioni osservate nel viscere e nel tratto di pericardio che ne cuopre ed avvolge la base a sinistra, non si potevano rapportare a semplice eccesso di sviluppo, ma bensì a stato morboso.

Rispetto alle condizioni patologiche della testa, di cui questo embrione porgeva pure esempio, gli è chiaro oramai che si formano anche dopo il terzo giorno di sviluppo, tuttochè l'amnios sia allora compiuto o vicino a compiersi, e l'allantoide copra già la regione posteriore destra di questo sacco. Fu detto l'adesione dell'amnios alla superficie esterna del cranio, essere causa frequente di deformità della testa. Ma nel nostro caso le due parti aderenti si separarono facilmente e senza lacerarsi, abbenchè l'esencefalia fosse già manifesta. Laonde par certo che questa aveva incominciato a formarsi prima che l'adesione avvenisse.

Tra tutte le anomalie che hanno a fondamento l'alterazione dei tessuti, io scorgo una concatenazione siffatta, che non

temo di ripetere qui in generale ciò che dissi altrove di quelle encefaliche, cioè che raffigurano tutte assieme diverse forme o appariscenze del medesimo processo patologico. Il quale ha nelle iperemie, nelle idroemie, nelle ipertrofie e atrofie i suoi primi e più miti gradi; e gli ultimi nelle neoplasie, nella esencefalia, emiencefalia ec. Cosicchè gli arresti di sviluppo dell' area vascolosa, dell' amnios, dell' allantoide, gli agglutinamenti, le sinfisie ec., che secondo la opinione dei fisiologi più volte ricordati, s' avrebbero a risguardare come le cause prossime di quasi tutte le mostruosità unitarie degli uccelli, non mi sembrano attenere a queste, tranne quali complicazioni o successioni morbose. In fine lo stato amorfo di tutto l' embrione, mi parve meno d' ogni altra malattia da attribuire a cause meccaniche; perocchè si era prodotto ugualmente prima che l' amnios incominciasse a svilupparsi, e dopo la chiusura di questo, sul dorso dell' embrione medesimo. Nel quale ultimo caso, trovai il sacco amniotico talvolta intero, tal altra scomposto in ogni sua parte; ma sempre il processo morboso appariva molto grave. D' onde si fa manifesto che tale processo aveva principiato dall' embrione, o da tutte le parti dell' uovo ad un tempo. Nè posso nemmeno accomodarmi alla sentenza del Panum (1) rispetto a cosiffatto processo, cioè che muova dalla pelle; di guisa che questa ultima premendo le sottostanti parti, impedisca loro di trasmutarsi in organi speciali.

Ma se gli stati patologici delle membrane esterne dell'uovo non porgono sufficiente ragione dei guasti che subisce l' animale rinchiuso in quelle durante il proprio sviluppo; se tali guasti molto meno si possono interpretare attenendosi alla dottrina che dissi embriologica, quale è dunque la loro origine, quale il modo di loro formazione? Primieramente non si vuol dimenticare che tra tutte le azioni disturbatrici del processo embriogenico, niuna havvene che sia dotata di un potere specifico (2). Ora, gli è certo che l' effetto più costante delle

(1) V. a pagg. 204-205.

(2) Il Lerebboullet da noi citato (p. 245 e segg.) ammettendo che la causa delle mostruosità potrebbe essere inerente alla costituzione primordiale dell' uovo, concorda colla opinione espressa già dal Bischoff sino

sperimentate da me e particolarmente di quella della corrente elettrica, fu sempre l'alterazione delle materie nutritizie (albume, tuorlo, sangue). Similmente, che questa alterazione apparve tanto maggiore laddove più gravi erano le anomalie dell'embrione. Gli è pur certo che la notata alterazione, atteneva a mutamenti di ragione chimica. Nei quattro prospetti riferiti a pagine 284-287 si vede che questi mutamenti hanno suppergiù la medesima intensità, nelle uova che non differiscono molto pel grado dei sofferti disordini (1). Inoltre, tali mutamenti non solo sono costanti in ogni anomalia, ma per giunta la precedono sempre; di guisa che voi potete trovare qualche volta, alterazione del materiale nutritizio senza offesa dello sviluppo; ma questa senza quella giammai. Io ho raccolti 23 mostri formatisi ne' miei esperimenti; e molti altri ne ho disseccati; ma non vidi un solo caso in cui l'albume, il vitello, ed il sangue (quando di questo non ce n'era da esaminare) non fossero più o meno guasti. E si noti, che non tutti avevano avuto per causa eccitante la corrente elettrica. Due saggi dei mutamenti osservati nel sangue d'embrioni mostruosi, sono pôrti nelle figure 14 e 20. Quello rappresentato al num. 14 fu preso dai vasi allantoidei del mostro emiencefalo (*fig.* 11). È il più mite grado di alterazione globulare ch' io m' abbia visto. L'al-

dal 1842 (V. Lebert, *Anatomie pathologique*, tom. I. p. 418 e segg.) Io pure credo con entrambi che tra le molteplici cause delle anomalie si debbano annoverare anco le alterazioni primitive dei germi (ovulo, seme). L'essere alcune di quelle ereditarie, non si può spiegare altrimenti; e nemmeno tutti i casi in cui la cicatricola degli uccelli non può oltrepassare il periodo di sviluppo precedente la prima apparizione degli *halos*. Ma non posso concedere del pari che ogni alterazione del blastoderma, come taluno mostra di pensare, sia da accogliersi quale prova di quella medesima origine. Molte di tali alterazioni, come spero d'aver provato, sono frequentissimo effetto di ogni agente o inusitato o inusitatamente operante sull'uovo nei primi momenti d'incubazione; ed è lecito supporre che quelle stesse osservate da Bischoff, e dalle quali fu indotto ad ammettere le anomalie primordiali dei germi, non differissero da quelle che io produssi artificialmente colla elettricità nel tuorlo degli uccelli, e consistessero pure in mutamenti molecolari. Del resto Bischoff ammette che possano dare origine alle mostruosità anco le malattie, benchè non creda il caso assai frequente.

(1) Comparate i prospetti num. 2 e 3.

tro fu pure estratto dai vasi allantoidei di un pulcino piccolissimo e irregolare nelle sue forme. Qui il mutamento era molto più esteso e profondo; nè v' era da credere che potesse dependere da putrefazione, perocchè non se n' aveva ancora segno quando l' animale fu tratto dall' uovo.

Dai liquidi passando ai solidi organici, noi abbiamo visto nelle disistie le parti elementari degli organi mostruosi, oppure di quelli che alla mostruosità avevano dato occasione, alterarsi tutte al pari delle materie nutritizie, cioè mutar forma e colore, empirsi di grasso, disgregarsi perfino in un tratto più o meno esteso. Tale disgregamento era avvenuto non tanto negli embrioni di pollo con esencefalia, emienfalia ec., quanto nel girino di rana, che aveva perdute le sue pareti ventrali. Se l' ultimo fatto qui ricordato procedesse da azione diretta della elettricità sopra i tessuti addominali, o sivvero da mutamenti che essa aveva apportati soltanto nelle materie nutritizie, non è ben chiaro. Le osservazioni che io avevo fatte sulle altre uova di rana (1) arrestate nel loro sviluppo per effetto di tale azione, mi conforterebbero ad ammettere anco in questi casi la medesima successione di fenomeni morbosi, e quindi che i guasti di struttura non fossero avvenuti per modo diretto; ma ripeto non posso affermarlo. Però le cose dette intorno alla genesi delle anomalie nelle uova degli uccelli, porgono bastevole fondamento alle seguenti conchiusioni:

1. I vizi di conformazione (allomorfie) attengono a disordini del lavorìo vegetativo non sempre spiegabili per via di osservazione diretta, in ogni particolarità della loro genesi; ma che in generale sono originati da alterazioni primitive delle materie stesse onde s' alimenta il processo embriogenico, e talora anco da lesioni patologiche manifeste.

2. I vizi di tessitura (disistìe) assomigliano in tutto il loro svolgimento agli ordinari processi morbosi; e possono essere promossi da qualunque esterno agente, sia fisico, sia meccanico.

3. I processi morbosi embrionali promossi da agenti esterni, sono sempre collegati con mutamenti delle materie nutritizie.

(1) Vedi la Tavola III., fig. 21.

4. Le particolari alterazioni organiche che raffigurano le disistie, o loro danno essere, non sono se non che gli ultimi effetti di quei processi.

5. Questi effetti sono generali o parziali. Nel primo caso, voi avete l' atrofia totale, la mummificazione, e la morte in brevissimo tempo. Io non vidi mai, nè trovai descritto un embrione di uccello con atrofia totale, che fosse più lungo di 6 o 7 millimetri. Nel secondo caso la vita può prolungarsi fino al termine dello sviluppo; la qual cosa è però molto rara. In generale avanti il sedicesimo giorno di covatura, l' animale muore.

6. Le parti ove i processi morbosi embrionali acquistano caratteri più sensibili e come a dire si concentrano, sono principalmente due: la cavità destinata a contenere l' asse cerebro-spinale, e quella che deve accogliere gli organi della vita vegetativa.

7. Tali processi si appalesano in guise differenti, nei vari periodi dello sviluppo. Nei primi tra questi periodi, più comuni sono l' idroemia e l'atrofia. Un poco più tardi ne incontra di osservare con maggiore frequenza l' iperemia parziale o totale con le sue ordinarie complicazioni e successioni morbose.

8. L' idroemia, quando è molto grave, dà raramente origine a neoplasmi. Questi neoplasmi si formano qualche volta nelle idroemie miti, ma generali; ed allora, oltre alla scarsezza dei globuli sanguigni, havvi spesso alterazione di questi globuli, così nella forma come nella composizione interiore.

9. Quando il versamento sieroso è prevalente nella cavità midollare, accadono quivi dilatazioni e rotture. Nel primo caso si forma idrocefalia, e idrorachitide: nel secondo caso, le varie maniere di esencefalia, e anencefalia, spina bifida ec.

10. L' esencefalia si forma più particolarmente quando la lacerazione del cranio avviene dopo che la massa cerebrale e i suoi involucri sono già formati; e laddove l' accumulamento maggiore del siero è estra-cefalico.

L' anencefalia, per contrario, nasce più facilmente quando la rottura delle pareti craniali precede quella formazione, e l'accumulamento del siero è intracefalico. In tutti gli altri casi, l' idroemia fa acquistare all' embrione l' aspetto di una larva di baco da seta invacchita, e lo mena a morte in un tratto di tempo non lungo.

11. Ma tanto in questa forma del processo morboso embrionale, quanto nell' altra, hannovi sempre manifeste alterazioni cellulari e molecolari.

12. Nelle mostruosità che succedono alle idropisie, una parte dei guasti che i tessuti subiscono sembra essere dovuta all' azione meccanica che il liquido opera sui tessuti medesimi; laddove in quelle che hanno per primo e più appariscente disordine la iperemia, tali guasti sono primitivi e nascono quasi direi colla iperemia stessa.

13. Questi guasti mostransi in sostanza dappertutto uguali; cioè, deformazione e infarcimento adiposo delle parti elementari dei tessuti.

14. Gli agglutinamenti delle membrane dell'uovo tra loro, e di esse coll' embrione, non si vedono mai conseguitare alla idroemia; per contrario, rarissimo è il caso di trovare stato iperemico in una parte dell' embrione medesimo, senza che vi siano in pari tempo agglutinamenti e talora anche sinfisie.

15. Processi d'ipertrofia, d' atrofia e di necrobiosi possono avvenire nell' embrione indipendentemente dalle altre forme morbose, e pel solo fatto di mutamenti del materiale di nutrizione.

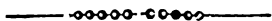
16. Non è possibile stabilire, perchè la mostruosità si formi ora nell' una, ora nell' altra delle due regioni accennate di sopra; perchè infine, il processo morboso prenda sede più stabile e proceda con maggiore vigoria, piuttosto nell' encefalo che nella spina; piuttosto nel cuore che nel fegato ec. In generale si può solo affermare, (ed è questa forse la ragione che in ogni maniera di esperimenti si ottengono suppergiù le medesime forme mostruose) che più facili ad ammalarsi e a perdere i loro caratteri ordinari sono quegli organi che provengono da parti simmetriche dapprima separate, o che giungono alle loro forme definitive per una serie di metamorfosi più lunga di quella che occorre ad altri organi.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE DELL' ARTICOLO PRECEDENTE.

Fig. 1. Embrione di pollo con estroversione dei visceri toraco-addominali (11.° giorno d'incubazione) (*a*) porzione media dell' encefalo, (*b*) cavità toraco-addominale, mancante della sua parte mediana, (*c*) cuore morbosamente voluminoso e formante angolo retto coll' asse vertebrale (ingrandimento quattro volte più del vero).

Fig. 2.' Embrione come il precedente, nel quale havvi per giunta un' ampia lacerazione delle pareti del cranio (*a*).

Fig. 2." Embrione di pollo con ettopia del cuore. Poco più grande del naturale.

Fig. 3. Uovo di gallina fatto incubare in un apparecchio ov' era mosso continuamente in giro sul suo grand' asse. Questo movimento ha durato sette giorni. (*a*) Sacco vitellino, (*b*) allantoide, (*c*) embrione di grandezza naturale.

Fig. 4. Embrione con doppio sacco allantoideo, (*a*) testa, (*b*) archi branchiali, (*c*) sacco allantoideo principale, (*d*) sacco avventizio, (*e*) falso amnios (ingrandimento tre volte più del vero).

Fig. 5. Embrione di pollo con estroversione incipiente del cervello, ipersarcosi del cuore, e difettoso sviluppo degli arti (ingrandimento due volte più del vero).

Fig. 6. La testa del medesimo animale veduta di profilo.

Fig. 7. Lo stesso embrione ingrandito quattro volte. Sono state tolte le pareti toraco-addominali per mostrare la forma e positura dei visceri. (*a*) Orecchietta sinistra del cuore spogliata del pericardio, (*b*) ventricoli, (*c*) orecchietta destra, (*d*). fegato.

Fig. 8. Porzione del pericardio che aderiva alla orecchietta sinistra, veduta a 300 diametri d'ingrandimento.

Fig. 9. Testa di un embrione di pollo con atrofia e lacerazione delle pareti del cranio (ingrandimento quattro volte più del vero).

Fig. 10. Testa di un embrione come il precedente, nella quale i due rigonfiamenti mediani dell'encefalo sono a discoperto, (*a*) rigonfiamento sinistro, (*b*) rigonfiamento destro imperfettamente sviluppato (ingrandimento tre volte e mezzo più del vero.

Fig. 11. Embrione emiencefalo, (*a*) testa, (*b*) tumore cefalico (ingrandimento quattro volte)

Fig. 12. Materia di questo tumore esaminata a 300 diametri d'ingrandimento.

Fig. 13. La detta materia esaminata a 400 diametri d'ingrandimento, dopo alcuni giorni d'immersione nell'alcool.

Fig. 14. Globuli sanguigni dell'embrione rappresentato nella figura 11. — Estratto dai vasi allantoidei (ingrandimento 400 diametri).

Fig. 15. Strato interno del foglietto mucoso blastodermico, preso in un uovo in cui l'embrione era abortito al quarto giorno di sviluppo. Le forme di questo embrione non erano bene distinte (ingrandimento di 400 diametri).

Fig. 16. Disco germinativo di un uovo di gallina abortito avanti il settimo giorno d'incubazione. (*a*) Sacco embrionale avventizio, (*b*) embrione, (*c*) orlo esterno dell'area vascolosa, (*d*) strato granuloso (mucoso), interno del blastoderma, (*e*) lamine vascolosa e sierosa insieme unite, (*f*) reticolo di granulazioni o vescicole elementari (ingrandimento 4 volte più del vero).

Fig. 17. Il detto reticolo ingrandito 400 volte.

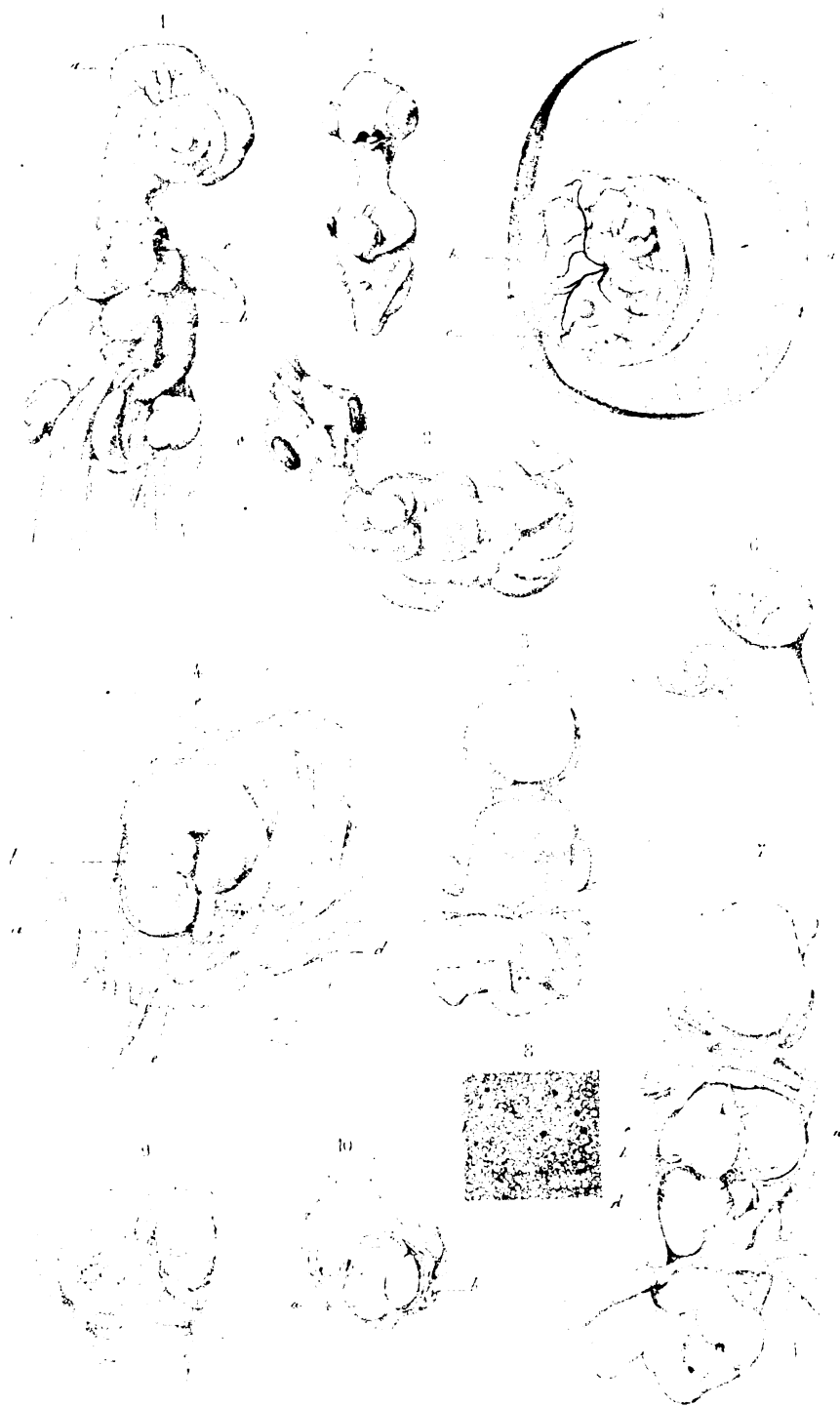
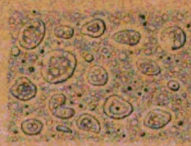
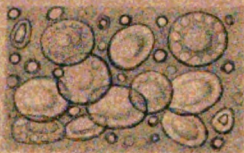
Fig. 18. Disco germinativo d'un uovo abortito al 4.° giorno di covatura, (*a*) orlo del disco, (*b*) massa embrionale (grandezza naturale).

Fig. 19. Porzione della stessa massa veduta a 590 diametri d'ingrandimento.

Fig. 20. Sangue estratto dai vasi allantoidei di un embrione molto piccolo e di forme irregolari (16.° giorno d'incubazione artificiale). Ingrandimento 400 diametri.

Fig. 21. Porzione di un girino di rana esculenta abortito appena incominciava a formarsi, per essere stato esposto all'azione della elettricità. Ingrandimento 400 diametri.

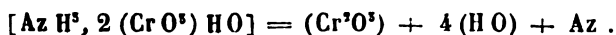
Fig. 22. Girino di rana esculenta con estroversione degli intestini.

A. Manici lit.   Firenze, Lit. Ballagny e Figli   G. Ministri dis.

NUOVO METODO PER PREPARARE L' AZOTO;
DI MASSIMO LEVI DA VERCELLI.

Usansi attualmente in chimica due o tre processi per la preparazione di questo gas, tutti più o meno difficili o pericolosi. — Il più usato, cioè quello che consiste nella scomposizione dell' ammoniaca col cloro per cui si ottiene sale ammoniaco e azoto, necessita grandissima attenzione, onde l'ammoniaca non venga a mancare perchè ciò succedendo il cloro reagirebbe sulla soluzione di cloridrato d' ammoniaca e formerebbesi cloruro d' azoto, corpo dei più fulminanti che si conoscano. Per trar l' azoto dall' aria atmosferica, ci vuole, onde ottenerlo puro, non una semplice campanella per abbruciarvi entro il fosforo, ma un apparecchio assai complicato: prima di tutto un gassometro, poscia due tubi di Liebig contenenti sostanze atte ad assorbire il vapor acqueo e l'acido carbonico dell' aria, poscia un fornello lungo a carbone ed un tubo refrattario dove si riscalda il rame che deve fissare l' ossigeno ec. ec. Si può è vero, preparare il gas azoto mediante la scomposizione a caldo dell' azotito d' ammoniaca, ma la difficoltà di preparare questo sale, principalmente allo stato d' assoluta purezza, fa sì che questo mezzo è pochissimo usato.

Io propongo adunque un mezzo semplicissimo. — Riscaldando bicromato d' ammoniaca, questo sale deflagra, prende

fuoco e si scompone in sesquiossido di cromo, acqua e azoto secondo la formola:

$$[Az\,H^3, 2\,(Cr\,O^3)\,H\,O] = (Cr^2O^3) + 4\,(H\,O) + Az\,.$$

L' unico inconveniente che presenta questo mio processo è il grave costo del bicromato d' ammoniaca (40 o 45 fr. il chilogr.) ma a questo devesi dare pochissima importanza, se si considera che il gaz azoto non preparasi per uso industriale, ma solo nei laboratori, e in piccola quantità.

DELLA POLISIMMETRIA E DEL POLIMORFISMO DEI CRISTALLI; MEMORIA SECONDA PER ARCANGELO SCACCHI.

Dai fatti esposti nella precedente Memoria sulla *polisimmetria dei cristalli* son venuto alla conclusione che col nome di dimorfismo si comprendevano due diversi fenomeni l' uno più semplice, l' altro più complicato. Nel primo di essi i cristalli di tipo diverso della medesima sostanza hanno essenzialmente i medesimi caratteri geometrici, e si differenziano soltanto perchè i cristalli di un tipo paragonati con quelli dell' altro tipo, non avendo in tutte le loro parti geometricamente simili i medesimi caratteri fisici e quindi le medesime qualità apparenti, ne nasce tra gli uni e gli altri una differenza di simmetria. Nel fenomeno più complicato poi le forme dei cristalli di tipo diverso sono essenzialmente differenti per i loro caratteri geometrici. Quindi ho proposto di dare al fenomeno più semplice il nome di polisimmetria e conservare pel fenomeno più complicato quello di dimorfismo o polimorfismo che meglio gli conviene. La distinzione tra i cristalli polisimmetrici ed i polimorfi si rende manifesta per l' analogia facile a riconoscere tra le facce dei cristalli di tipo diverso nelle specie polisimmetriche, la quale analogia non si rinviene tra i cristalli di diverso tipo delle sostanze polimorfe. Ed il fatto che riferma la medesima distinzione

sta nella maniera come si dispongono i cristalli di un tipo quando nascono per metamorfismo dei cristalli di tipo diverso. Dappoichè per i cristalli polisimmetrici la loro posizione è determinata dalla legge che le facce dei novelli cristalli riescono sempre parallele con le facce analoghe del cristallo primitivo. Ed al contrario per i cristalli polimorfi, non essendovi analogia di facce tra quelli di tipo diverso, non ci ha alcuna posizione determinata tra i novelli cristallini ed il cristallo primitivo.

Nella medesima Memoria ho pure esposto molti esperimenti eseguiti con l' intendimento di conoscere la cagione sia della polisimmetria che del polimorfismo, e da questi esperimenti si deduce, almeno per i casi esaminati, non essere il diverso grado di calore cagione di tali fenomeni, come volgarmente si è fin ora creduto; esservi invece cagioni diverse che danno origine alla polisimmetria, ed alcune di queste medesime cagioni contribuire ancora a produrre il polimorfismo.

A tal punto giunte le mie ricerche sulla polisimmetria e sul polimorfismo, ho reputato l' argomento lontano dal suo completo svolgimento; ed anche adesso che vengo a dar notizia di novelli fatti che servono ad illustrarlo, son di avviso che molto rimanga a conoscere per formarci una completa idea di tal sorta di fenomeni.

Intanto fra le cose che mi nasceva giusto desiderio di esaminare con accurati esperimenti era il fatto dei levo tartrati ragguagliati ai destro tartrati d' identica composizione chimica, nei quali per la identità del carattere geometrico nelle forme cristalline congiunta alla differenza della emiedria e dell' azione sulla luce polarizzata, sembrava che la polisimmetria e l' emiedria andassero mirabilmente insieme e quasi si confondessero in un solo fenomeno. Quindi appena ho potuto avere a mia disposizione sufficiente quantità di acido paratartrico mi sono affrettato di eseguire quella serie di esperienze che esporrò nella prima parte di questa Memoria. Nell' altra parte poi esporrò quale sia al presente la mia opinione sul polimorfismo.

Parte I.

Polisimmetria tra i paratartrati, levo tartrati e destro tartrati.

Conoscenze generali dei tartrati e dei paratartrati. — Stimo opportuno ricordare esservi due acidi tartarici del tutto identici per la loro chimica composizione $C^4H^2O^5$, HO, per le loro qualità chimiche, e per i caratteri geometri delle loro forme cristalline; e diversi in questo che i loro cristalli essendo emiedrici, uno di essi ha le facce emiedriche in un senso, l' altro le ha nel senso opposto; e di più la soluzione di uno di essi fa deviare il piano di polarizzazione della luce a destra, la soluzione dell' altro fa deviare il medesimo piano a sinistra, e son detti per questo acido destro tartarico e levo tartarico. Questi acidi combinati alle basi danno i corrispondenti destro tartrati e levo tartrati, ancor essi cristallizzabili con forme emiedriche le une in senso inverso delle altre, e che hanno le medesime somiglianze nelle qualità chimiche e le medesime differenze nei caratteri fisici degli acidi rispettivi. I due acidi tartarici, prendendone egual parte per ciascuno, si uniscono in chimica combinazione, formando un composto detto acido paratartarico, assai meno solubile degli acidi tartarici, i cui cristalli contengono due proporzionali di acqua, $C^4H^2O^5$, 2 HO; val quanto dire un equivalente di acqua, più di quella contenuta nei cristalli di acido tartarico; e però sono di forma affatto diversa, e la loro soluzione non fa deviare il piano di polarizzazione della luce. Lo stesso acido paratartarico si combina alle basi formando i paratartrati, i quali talora hanno in tutto la stessa composizione chimica dei tartrati delle medesime basi, altre volte è diversa la proporzione dell' acqua. In tutti i casi poi i cristalli dei paratartrati hanno forme diverse da quelle dei cristalli dei corrispondenti tartrati, non sono mai emiedrici, e le loro soluzioni non fanno diviare il piano di polarizzazione della luce.

Dietro queste conoscenze che già si avevano sulla natura dei tartrati e paratartrati, due principali cose è stato mio

proponimento d'investigare; se cioè i destro tartrati ed i levo tartrati costituissero un particolare esempio di polisimmetria, e mi veniva in mente di sperimentare che cosa avviene immergendo i cristalli dei levo tartrati nelle soluzioni cristallizzanti dei destro tartrati d'identica composizione chimica, e per converso immergendo i cristalli dei destro tartrati nelle soluzioni dei levo tartrati. Quanto agli acidi levo e destro tartarico è facile intendere come essi non siano altro che particolari specie dei destro e levo tartrati le quali hanno per base un equivalente di acqua invece degli ossidi metallici, siccome apparisce paragonando la formola dei cristalli degli acidi tartarici, $C^4H^3O^6 = C^4H^2O^5,HO$ con la formola dei cristalli dei tartrati potassici, $C^4H^2KaO^6 = C^4H^2O^5,KaO$.

L'altra cosa che mi sembrava dover essere investigata riguarda le relazioni tra le forme cristalline dei paratartrati e le forme cristalline dei levo e destro tartrati che hanno in tutto la medesima composizione chimica. Nelle ricerche di tal genere alcune specie di composti per essere pochissimo solubili nell'acqua, altri per essere molto solubili mi han presentato tali difficoltà che fin ora non ho potuto superare. Per altre specie al contrario, ed in particolare per i tartrati acidi e per i paratartrati acidi di potassa e di ammonio, $C^8H^5KaO^{12}$ e $C^8H^5(AzH^4)O^{12}$ ho trovato i più importanti fatti che verrò esponendo in questa memoria, sì perchè i medesimi erano i meno prevedibili, e sì perchè mi sembrano contribuire non poco ad approfondire l'argomento del quale ci occupiamo.

Levo e destro tartrato ammonico-sodico. — Dalle soluzioni di paratartrato ammonico-sodico è già risaputo che si depositano quantità eguali di cristalli di levo tartrato e di destro tartrato ammonico-sodico facili a distinguere per le loro diverse emiedrie. Questo almeno è ciò che succede d'ordinario; ma in particolari condizioni si generano pure cristalli di paratartrato ammonico-sodico, siccome farò conoscere in altro rincontro. Le soluzioni di paratartrato potassico-sodico danno similmente cristalli di levo e destro tartrato potassico-sodico nei quali la differenza per il carattere dell'emiedria non suol essere distinta. E però i sali ammonici assai meglio che i sali

potassici mi si offrivano idonei pel primo saggio che ho fatto della immersione dei cristalli dei tartrati nelle soluzioni di altri cristalli della medesima composizione chimica e con emiedria inversa. Questi esperimenti han dato esito ben diverso da quello che mi attendeva. Nella soluzione di scelti cristalli di destro tartrato ammonico-sodico portata al punto da dover cristallizzare con lieve abbassamento di temperatura, avendo immerso alquanti grossi cristalli di levo tartrato ammonico-sodico, alcuni dei quali pesavano circa cinque grammi, in poco d'ora li ho veduti disciogliersi completamente. La medesima soluzione che avrebbe dovuto cristallizzare fra poche ore se non vi avessi immerso i cristalli di levo tartrato, è stata per circa due giorni esposta all'evaporazione spontanea senza dare cristalli; ed i primi cristalli che scorso questo tempo si sono depositati, siccome era da attendersi, sono stati della specie destrorsa. Mi era facile prevedere tra i risultamenti possibili di questa esperienza che i cristalli immersi sarebbero rimasti senza ingrandirsi e che si sarebbero depositati a parte i cristalli di destro tartrato disciolti nel liquore. Intanto per l'inopinato discioglimento dei cristalli immersi son giunto ad intendere che la mescolanza delle due specie dei tartrati, ovvero il paratartrato ammonico-sodico, sia più solubile di ciascuno dei corrispondenti tartrati separatamente. E di più che per questa sua maggiore solubilità avviene che nelle soluzioni di paratartrato ammonico-sodico l'acido paratartrico si scinde depositandosi i cristalli di levo e destro tartrato delle medesime basi che sono meno solubili. Negli altri casi essendo i paratartrati meno solubili dei corrispondenti tartrati, non avviene la separazione degli acidi che costituiscono l'acido paratartarico.

Caratteri dei cristalli del levo e destro tartrato acido di potassa. — I cristalli di destro tartrato acido potassico, cremore di tartare delle farmacie, (*Tav. IV. fig.* 1, 2), come quelli di levo tartrato acido della medesima base, (*fig.* 3), nei casi ordinari presentano ben distinta l'emiedria del rombottaedro *n*, che nella maniera rappresentata dalle figure costituisce il carattere cristallografico che serve a distinguere facilmente la prima dalla seconda specie. Non dimeno le con-

dizioni nelle quali essi si producono o s' ingrandiscono apportano talvolta alcune differenze più o meno profonde nelle loro forme che importa di esaminare per meglio giudicare della importanza delle loro differenti emiedrie.

Dal cremore di tartaro del commercio ho avuto assai spesso cristalli rozzamente terminati, e con certe irregolarità variabili non molto diverse da quelle osservate nei cristalli ottenuti dalle soluzioni nelle quali al puro destro tartrato acido di potassa, aveva mescolato un po' di levo tartrato. Per la qual cosa mi sembra probabile ch' esso non sia del tutto scevro di acido levo tartarico ovvero di paratartrato acido di potassa. Essendo molto difficile distinguere per il carattere dell' emiedria e separare i cristalli di destro tartrato potassico-sodico da quello di levo tartrato delle medesime basi; per procurarmi sufficiente quantità del levo e destro tartrato acido di potassa puri, ho cominciato dal preparare il levo ed il destro tartrato di ammonio e soda che assai più facilmente pel carattere dell' emiedria si possono riconoscere e separare. E così separati si possono avere abbastanza puri prendendo i primi cristalli di una seconda cristallizzazione. Quindi ho fatto bollire le soluzioni dei sali ammoniacali col carbonato di potassa sino a che aggiungendo novello carbonato potassico e prolungando l' ebollizione, non si è più avvertito odore ammoniacale. Convertito così il levo ed il destro tartrato di ammonio e soda in levo e destro tartrato di potassa e soda, aggiungendo alle loro soluzioni dell' acido nitrico, ho ottenuto depositati i tartrati acidi di potassa dei quali ho fatto uso nella maggior parte degli esperimenti di cui farò parola.

I cristalli che si depositano dalle soluzioni dei tartrati acidi di potassa puri sono bislunghi nella direzione dell'asse *b* ch' è l' asse della zona delle facce A, C, (*fig.* 1 a 3), e sono impiantati per una delle estremità del medesimo asse. Nei cristalli lentamente ingranditi l' accrescimento è maggiore nel verso dell' asse *c*; talchè facendo ingrandire per evaporazione spontanea del liquore i cristalli bislunghi avuti per raffreddamento delle soluzioni calde e sature, in essi va man mano decrescendo la differenza tra la lunghezza nel senso dell'as-

se *b* e la larghezza nel senso dell' asse *c*. In qualunque modo prodotti o ingranditi, le facce A sono striate parallelamente agli spigoli AC, le facce *e* sono d' ordinario irregolarmente convesse, e le altre facce sogliono essere nitide e piane. Nei cristalli del destro tartrato essendo più estese le facce del tetraedro *n'*, *n''* di quelle dell' altro tetraedro *n*, *n'''*, e nei cristalli di levo tartrato essendo al contrario più grande il tetraedro *n*, *n'''*, questa differenza è più manifesta quando il loro ingrandimento procede con lentezza. La solubilità nell'acqua dei bitartrati potassici è di molto aumentata quando vi si aggiunge qualche acido minerale; e nei cristalli ottenuti dalle soluzioni con acido cloroidrico ho òsservato per il destro tartrato che le facce del tetraedro maggiore *n'*, *n''* (*fig.* 1), e le facce *l*, *l'* sono striate parallelamente agli spigoli *n'l'*, *n''l* mentre le facce *n*, *n'''* del tetraedro minore sono levigate. Nei cristalli poi del levo tartrato in conseguenza dell' inverso carattere di emiedria sono striate le facce del tetraedro *n*,*n'''*, (*fig.* 3), che in questo caso sono le maggiori.

Una differenza molto notevole si osserva per i cristalli prodotti nelle soluzioni che contengono del citrato sodico; dappoichè essi invece di trovarsi impiantati per uno degli spigoli ove si congiungono le facce *g* anteriori con le facce *g* posteriori ovvero per una delle estremità corrispondenti all' asse *b*, si congiungono gli uni agli altri, o si attaccano alle pareti del cristallizzatoio per una delle facce C, C', e la loro maggiore lunghezza è nel verso dell' asse *c*. In essi poi interviene d' ordinario che le facce *g* sono rampollanti, attaccandosi nel mezzo di esse altri minori cristalli sempre per un punto prossimo alle faccette *e* e divergenti dal cristallo maggiore in un piano parallelo all' asse *c*. La presenza del citrato sodico nelle soluzioni dei tartrati acidi potassici, produce in oltre ne' cristalli che se ne ottengono una faccetta irregolarmente ondata nella parte superiore della faccia *u'*, (*fig.* 2) che nei cristalli di destro tartrato si estende più verso *n'* ed in quelli di levo tartrato è più estesa verso *n*. Quanto poi al rombottaedro *n*, negli esperimenti fatti col levo tartrato acido potassico ho avuto il tetraedro *n*, *n'''* assai più grande dell' altro *n'*,*n''*, conforme alla sua specie di emiedria;

ma per i cristalli di destro tartrato, avendo più volte su di essi ripetuti i saggi, le facce del rombottaedro non le ho trovate che di raro ed assai piccole. Non dimeno son sempre le faccette n', n'' le sole che si presentano o almeno le più appariscenti. .

Dalle cose fin qui dichiarate si deduce che nei cristalli dei tartrati acidi di potassa, siano destrorsi ovvero sinistrorsi, il carattere della loro emiedria è costante, al contrario di ciò che vedremo per i tartrati acidi ammonici. Probabilmente per la presenza dei levo tartrato nelle soluzioni di destro tartrato, o pel caso inverso, questo carattere talvolta può mancare, siccome è avvenuto per i cristalli rappresentati nella figura 41, (*Tav. V.*) dei quali dovrò tener parola in prosieguo; nondimeno per la natura istessa di questo caso, esso non potrebbe addursi come eccezione alla regola generale.

Metamorfismo scambievole tra i cristalli di levo e destro tartrato acido potassico. — Quando nelle soluzioni di levo tartrato acido potassico s' immergono i cristalli di destro tartrato, e per converso quando i cristalli di levo tartrato s' immergono nelle soluzioni di destro tartrato, ben presto essi veggonsi superficialmente appannati. Questo appannamento deriva da due contrarie cagioni, dallo sciogliersi cioè nel liquore la parte superficiale dei cristalli immersi e dal depositarsi sulle facce dei medesimi cristalli, già cominciati a corrodersi, novelli cristalli microscopici, con emiedria inversa. Osservando con lente d' ingrandimento i cristalli immersi qualche ora dopo la loro immersione si scorgerà ben distinto non solo la corrosione delle loro facce e la produzione dei novelli cristallini, ma l' ordine preciso col quale questi vanno su quelli ad allogarsi. Più tardi progredendo il metamorfismo, tutti i suoi particolari saranno più facili ad osservarsi.

Nella figura 36 ho rappresentato molto ingrandito un cristallo di levo tartrato acido potassico ventiquattr' ore dopo che era stato immerso nella soluzione di destro tartrato acido della medesima base. Il cristallo essendo rappresentato con le facce A perpendicolari al piano di proiezione, come il cristallo della figura 2, sono situate di rimpetto all' osservatore le sue facce n', u', k', l', C'. Intanto le facce n', u', n, come

pure le facce *g* perperdicolari al piano di proiezione, sono profondamente corrose, e su di esse di tratto in tratto s'impiantano i novelli cristallini nei quali si scorgono le faccette *l*, *n'*, *n* ed altre specie di faccette omesse per non offendere la chiarezza della figura, tutte esattamente parallele alle facce della medesima specie del cristallo primitivo. Delle facce A, K', *l'*, C' del cristallo primitivo non apparisce più nulla, essendo esse del tutto ricoverte dai nuovi cristalli bislunghi le cui estremità sporgono prominenti ove raggiungono le facce *g*, *n'*, *u'*, *n* dello stesso cristallo primitivo. Continuando per lungo tempo l'ingrandimento dei novelli cristallini essi finiscono col congiungersi insieme, fondendosi in un sol piano le loro faccette prima separate e tra loro parallele. Quindi è che tal fiata giungono a comporre così riuniti un cristallo intero nel quale non resta più alcun segno della sua origine per metamorfismo. Meglio si riesce a questo risultamento sciogliendo di tempo in tempo nei liquori cristallizzanti novelle quantità dei rispettivi tartrati acidi potassici.

Fa duopo nondimeno considerare che la composizione della soluzione nella quale avviene il metamorfismo va continuamente variando; dappoichè, togliendo ad esempio la soluzione di destro tartrato acido potassico, in essa, come progredisce l'esterna trasformazione dei cristalli di levo tartrato, che in parte almeno si sciolgono, avviene che da una parte di continuo si scema nel liquore la quantità del destro tartrato disciolto, e da un'altra va crescendo la quantità del levo tartrato somministrato dai cristalli immersi. Ne deriva dunque che trascorsi molti giorni la soluzione contiene gran copia di paratartrato acido potassico tanto più abbondante per quanto maggiore è stata la parte dei cristalli immersi ch'è rimasta disciolta. Avvengono allora particolari condizioni nella forma dei cristalli metamorfizzati che saranno esaminate quando si tratterà dello scàmbievole metamorfismo tra i tartrati acidi di potassa ed il paratartrato acido potassico.

L'andamento col quale procede la descritta trasformazione varia alquanto secondo il grado di concentrazione e la temperatura delle soluzioni. Per avere una regola nel fare le soluzioni con diverso grado di concentrazione, ho comin-

ciato dal disciogliere a caldo i tartrati acidi potassici, e dopo un giorno da che le soluzioni per raffreddamento avevano depositato l' eccesso del sale disciolto col calore, le ho decantate e riscaldate sino alla diminuzione di circa un decimo o di un ventesimo secondo che voleva soluzioni più o meno concentrate. Finalmente abbassatasi la temperatura del liquore a circa 45°, ho in esso immerso i cristalli preparati pel metamorfismo dei quali era stato determinato il peso. Dopo ventiquattr' ore ho trovato il metamorfismo progredito come nel cristallo rappresentato nella figura 36, e ripesati i cristalli ben prosciugati, il loro peso si è rinvenuto scemato, e maggiormente scemato nei cristalli immersi in soluzione meno concentrata. Rimessi i cristalli nelle soluzioni nuovamente concentrate come la prima volta, e trascorsi due giorni ho trovato tutti i cristalli di peso maggiore del primitivo, e col maggiore aumento nei cristalli ingranditi nel liquore più concentrato. A temperature più basse si scioglie meno dei cristalli immersi; ed avendo fatto l' esperimento con soluzioni tenute da due giorni alla temperatura dell' ambiente, ho trovato dopo cinque ore che i cristalli in esse tuffati, mentre manifestavano ben distinto il principiato metamorfismo, il loro peso era quasi eguale o alquanto superiore al peso primitivo. Con altri saggi nei quali alle soluzioni dei tartrati acidi di potassa aveva aggiunto un po' di acido nitrico, ho pure ottenuto assai debole lo scioglimento dei cristalli esposti al metamorfismo.

Ho fatto questi esperimenti per conoscere nei diversi casi qual differenza vi sia tra la quantità dei cristalli immersi che si solve nel liquore e la quantità del sale disciolto nel liquore che si deposita sopra i medesimi cristalli immersi; essendo chiaro che l' aumento del peso primitivo dimostra la quantità dei cristallini depositati superare la quantità disciolta dei cristalli immersi, e la diminuzione in peso dimostrare il caso inverso.

Quando poi i cristallini depositati dal metamorfismo giungono a congiungersi completamente gli uni con gli altri, la soluzione non può esercitare più alcuna azione dissolvente sopra i cristalli primitivi. Egli è però che, secondo la ma-

niera come ha proceduto il metamorfismo, nel centro del cristallo giunto a completa trasformazione vi è quasi sempre una parte più o meno grande del cristallo primitivo di specie diversa.

Levo e destro tartrato acido ammonico; emiedria variabile dei loro cristalli. — I tartrati acidi di ammonio presentano forme cristalline variabilissime, anche pel carattere dell' emiedria che nei tartrati suol essere costante. Il bitartrato ammonico ordinario, che corrisponde al destro tartrato acido, con moltissimi saggi sperimentato, l'ho trovato in tante guise mutare la forma dei suoi cristalli, che sarebbe oltre modo fastidioso, e forse di nessuna utilità, il riferirne tutti i particolari. Son rimasto poi maggiormente scoraggiato nel cercare la cagione di tante differenze, dal perchè assai spesso da due o più esperimenti, ripetuti per quanto mi è stato possibile con le medesime condizioni, d'ordinario ho avuto forme cristalline le une dalle altre diverse; ed anche dissimiglianze non lievi ho trovato talvolta nei cristalli che si sono contemporaneamente prodotti nella medesima soluzione. Il levo tartrato acido ammonico sul quale ho pure eseguito non pochi saggi, mi ha presentato quasi le medesime variazioni del destro tartrato; talchè tra l'uno e l'altro non parmi vi sia alcuna differenza per questo riguardo. Riferirò intanto per la parte che può servire all'argomento di questa memoria i fatti che, quantunque variabili, reputo importanti ad essere conosciuti.

Due principali condizioni trovo meritare la nostra attenzione nei cristalli di bitartrato ammonico. In prima essi spesso non presentano alcun segno di emiedria nella estensione delle faccie *n,n'*, (*fig.* 1, 2); ed in secondo luogo quando avviene che sono distintamente emiedrici, talvolta nel medesimo destro tartrato si appalesa l'emiedria destrorsa (*fig.* 1, 2), come nel bitartrarto ordinario di potassa, altre volte al contrario si manifesta l'emiedria sinistrorsa (*fig.* 3), come nel levo tartrato acido di potassa. La prima di queste condizioni non ha nulla di straordinario, essendo comune in quasi tutte le sostanze che cristallizzano con forme emiedriche il trovare non di raro i loro cristalli col carattere della emiedria poco

distinto o per nulla riconoscibile. La seconda condizione di presentare la medesima sostanza le due emiedrie contrarie è al certo straordinaria, e tanto più maravigliosa che non sempre si può regolare la produzione dei cristalli in modo da avere con certezza l'una o l'altra specie di emiedria.

I cristalli depositati da soluzioni assai sature e calde, prima che queste raggiugessero la temperatura dell'ambiente, sogliono essere lunghissimi nel verso dell'asse *b* e con le facce *n'* (*fig.* 1), maggiori delle *n*, val quanto dire con la emiedria destrorsa. Se la soluzione, essendo meno satura, la cristallizzazione avviene meno rapidamente, ed anche prima che il liquore raggiunga la temperatura dell' ambiente, il rombottaedro *n, n'* non suole offrire distinta emiedria. In tal caso essendo i cristalli impiantati per un punto prossimo ad uno degli estremi dell' asse *b*, delle quattro facce *n* che dovrebbero terminare l'estremità libera se ne rinviene una soltanto (*fig.* 20), ovvero due che s' incontrano con la medesima faccia *g*, come le faccette *n, n'* della figura 1 ; e sia l'unica faccetta o le due facce apparenti della piramide terminale son quelle che più esattamente si trovano di rincontro al punto di attacco del cristallo.

Quasi nelle medesime condizioni ho spesso avuto cristalli terminati in due punte, ed allora sono molto estese le facce *n* che s' incontrano con angolo rientrante nel mezzo della biforcatura, essendo al contrario piccolissime o del tutto mancanti quelle che sono all' esterno. Un esempio di tal maniera di configurazione, essa stessa molto variabile, vedesi disegnata nella figura 19. Nei cristalli poi anche generati in soluzioni discretamente sature, ma poggiati sul fondo del cristallizzatoio per una delle A (*fig.* 21), ho trovato d'ordinario più estese le quattro facce *n* inferiori, quelle cioè che toccano il fondo del cristallizzatoio. Il cristallo che ha servito di modello alla figura 21 offriva la faccia A superiore poliedrica, formata da quattro faccette a, a', a'', a''' che s' incontrano con angoli ottusissimi; la qual cosa è piuttosto rara, essendo abitualmente le facce A striate nel verso degli spigoli AC. Da questi esempii nei quali le faccette del rombottaedro *n* non ubbidiscono ad alcuna legge di emiedria, si

scorge pure come la loro maggiore estensione dipende altresì dal punto di attacco del cristallo, o dal trovarsi esse di rincontro ad altre facce della medesima specie con le quali formano angoli diedri rientranti.

Nei cristalli solitarii che si depositano lentamente nelle soluzioni di puro bitartrato ammonico, o di bitartrato ammonico con eccesso di acido tartarico, ho avuto nitidissimi cristalli talora senza alcun segno di emiedria, altre volte distintamente emiedrici, ma in alcuni casi con emiedria destrorsa ed in altri casi con emiedria sinistrorsa. Spesso ho pure osservato in queste lente cristallizzazioni che insieme ai nitidi cristalli e trasparenti con emiedria sinistrorsa se ne sono generati alcuni più grossi alquanto appannati e senza alcun segno di emiedria. Concentrate alquanto senza nulla aggiungere le diverse soluzioni nelle quali si era prodotta ciascuna di queste maniere di cristalli, e tramutati in esse i cristalli da prima depositati, questi han continuato ad ingrandirsi per più giorni senza che fosse punto cambiata la loro forma. Ma se nelle soluzioni che avevano dato cristalli con emiedria sinistrorsa ho immerso altri cristalli destrorsi, questi ingrandendosi si sono mutati in cristalli sinistrorsi.

Talvolta oltre il rombottaedro n, n' ho pure rinvenuto il tetraedro m', m'', (*fig.* 4, 5), stando sempre nel bitartrato ammonico ordinario soltanto le facce m', m'' dalla parte delle n', n''. Ho osservato le facce m' in alcuni grossi cristalli generati lentamente in una soluzione di cloruro ammonico con grande eccesso di acido tartarico, il quale era stato precedentemente adoperato a preparare il tetratartrato di stronziana, e per conseguenza conteneva un po' di stronziana. Nei medesimi cristalli era pure notevole che mentre le facce n',n'' non differivano per grandezza dalle n,n''', se ne distinguevano per essere curvate presso gli spigoli $n'\,k$, $n'\,l$, $n'\,C'$, quasi su questi spigoli vi fossero tre particolari specie di faccette.

Ho altresì osservato le faccette m', senza che vi fossero nè le n, nè le n' nei cristalli generati in soluzioni che contenevano gran copia di tartrato neutro di soda. In queste stesse soluzioni avendo immerso alquanti cristalli che avevano le faccette n maggiori delle n', ho trovato dopo due giorni

che le facce *n* erano scomparse, restando nel luogo da esse occupato una cavità dal fondo della quale sporgevano molti angoli triedri formati dalle faccie *g*, *l*, A, talchè queste faccette più volte si ripetevano con angoli diedri ora prominenti ed ora rientranti. Erano pure scomparse o divenute piccolissime le facce *n'* per dar luogo alle nuove facce *m'*.

Nella figura 23 vedesi disegnata metà di un cristallo in tal guisa mutato, e nella figura 24 ho rappresentato molto ingrandita la cavità prodottasi nel luogo occupato dalla faccia *n*.

Tutti i particolari finquì esposti servono a dimostrare quanto sia variabile il carattere della emiedria nei cristalli dei tartrati acidi ammonici; e siccome ho innanzi accennato, gli esperimenti dai quali ho avuto un particolare risultamento, spesso ripetuti con le medesime condizioni han sortito effetto diverso. Intanto vi è stato un caso che reputo più degli altri importante offertomi dai cristalli depositati nelle soluzioni con citrato sodico che sono sempre con emiedria sinistrorsa se appartengono al destro tartrato e con emiedria destrorsa se appartengono al levo tartrato.

Ho due volte ripetuto i saggi col destro tartrato e due col levo tartrato, mescolando nei primi esperimenti gr. 60 di destro o levo tartrato ammonico-sodico con gr. 24 di acido citrico; e nel ripetere gli esperimenti, alla medesima quantità dei tartrati doppii ho aggiunto gr. 48 di acido citrico. Con queste proporzioni si ha per i primi esperimenti che i tartrati acidi ammonici si trovano mescolati col citrato sodico, della formola $C^6H^4NaO^7$ (1) e nei secondi esperimenti sono uniti con l'altro citrato della formula $C^{12}H^9NaO^{16}$ (2). Nei cristalli ottenuti con queste mescolanze si è pure verificata la loro particolare maniera d'impiantarsi con una delle estremità corrispondenti alle facce C, C' (*fig* 18), essendo essi bislunghi nel verso dell'asse *c*, siccome ho fatto innanzi avvertire per i tartrati acidi di potassa avuti nelle medesime condizioni. Intanto, come scorgesi nella figura 18 che rap-

(1) Sale acido bimetallico, $C^{12}H^6Na^2O^{14}+2$ aq. Gerhardt.
(2) Sale açido monomettalico, $C^{12}H^7NaO^{12}+2$ aq. Gerhardt.

presenta un cristallo di levo tartrato acido ammonico generato e lasciato per più giorni ingrandire nella soluzione con citrato di soda, le facce del tetraedro n', n'' sono maggiori delle altre n, n''', val quanto dire che ci ha la medesima specie di emiedria che contradistingue i cristalli di destro tartrato acido potassico. Nei cristalli di destro tartrato acido ammoico ho sempre osservato l' emiedria inversa.

Di più avendo immerso nelle soluzioni di ciascuna delle due specie di tartrati contenenti citrato sodico i cristalli delle corrispondenti specie di tartrato acido ammonico depositati da soluzioni pure, nei quali era distinta la maggiore estensione delle facce n', n'' per il destro tartrato, e delle facce n, n''' per il levo tartrato, in meno di tre giorni ho trovato questo carattere invertito, essendo divenuto nel destro tartrato maggiori le facce n, n''' e nel levo tartrato maggiori le facce n', n''.

Nei medesimi cristalli ottenuti dalle soluzioni dei tartrati acidi ammonici col citrato di soda, tra gli spigoli formati dalle n, n' anteriori con le facce che ad esse corrispondono posteriormente, e lo spigolo formato da g anteriore con g posteriore vi sono alcune faccette x, x' in vario modo ondate e rugose, e per queste faccette si verifica pure, che esse si estendono maggiomente dalla parte di n', n'' che di n, n''' nei cristalli di levo tartrato, e si estendono in senso inverso nei cristalli di destro tartrato. Le facce x, x' che sono certamente della medesima specie delle x (*fig.* 41), che in seguito dovrò menzionare in una particolare varietà di tartrato acido potassico, talvolta sono assai grandi, in guisa da fare scomparire le facce n, n' con le quali sembrano confondersi, ed allora apparisce manifesto che sono uscite dalla zona C', u', due di esse x', x'' piegando verso A e le altre due x, x''' piegando dalla parte opposta verso A posteriore. Per i cristalli di destro tartrato acido ammonico avviene il caso inverso che piegano verso A anteriore le facce x, x'''.

Per l'azione manifesta sulle forme cristalline dei tartrati acidi ammonici dal citrato sodico disciolto nelle loro soluzioni, ho ricercato se altri citrati producessero il medesimo effetto, ed ho eseguito diversi saggi col citrato ammonico.

Quindi ho mescolato in diverse proporzioni le soluzioni del tartrato neutro ordinario di ammonio con la soluzione di acido citrico, e nei cristalli di bitartrato ammonico così ottenuti ho pure verificato il loro particolar modo d'impiantarsi con una delle facce C, C′ e la presenza delle facce ondate x, x' (*fig.* 25), molto astese; ma non ho più ravvisato in essi l'emiedria invertita. Ho intanto rinvenuto altre qualità che reputo meritevoli di distinta menzione. D'ordinario i cri. stalli che si hanno dalle soluzioni discretamente concentrate sono riuniti in gruppi raggiati congiungendosi per le estremità C, C′, ed in ciascun gruppo si distingue un cristallo più grande degli altri, ed al quale gli altri si attaccano, impiantandosi nel mezzo delle facce g (*fig.* 25). Questa disposizione non sempre distinta per l'affollarsi dei cristallini, l'ho rinvenuta spesso talmente ben definita da farmi credere che non avvenga diversamente nei gruppi ove i cristalli sono con qualche confusione disposti. E mi conforta in questa opinione l'altro fatto che, avendo immerso nelle soluzioni calde discretamente concentrate alquanti cristalli isolati della forma rappresentata dalla figura 25, dopo qualche tempo, mentre i cristalli immersi si sono ingranditi, nel mezzo delle facce g si sono generati altri minori cristalli divergenti in tanto maggior numero per quanto più la soluzione era concentrata.

Le soluzioni che han cominciato dal dare cristalli riuniti in gruppi, spesso continuando a produrre nuovi cristalli, ve ne sono stati alcuni solitarii che han continuato ad ingrandirsi senza divenire rampollanti; ed oltre la forma più frequente, ch'è quella rappresentata dalla figura 25 con le facce x, x' più estese e terminanti in punte acute nelle estremità opposte C, C′, ho pure avuto altre forme del tutto diverse. In una cristallizzazione nella quale mi è riuscito di avere molti cristalli isolati erano gli uni dagli altri diversi secondo le forme che si veggono disegnate nelle figure 22, 25 e 26. L'ultima di queste forme, (*fig.* 26,) è più notevole delle altre per la grande differenza tra la metà corrispondente alla faccia C e l'altra metà opposta di più rapido ingrandimento corrispondente a C′. In essa si manifesta chiaramente una emiedria indeterminata; e quando la si mette a riscontro

delle forme figurate nei numeri 22 e 25, sembra per lo meno molto probabile che il cristallo della figura 22 derivi dall'unione di due cristalli come quelli della figura 26 congiunti per le facce C' ed al contrario i cristalli come quello che ha servito di modello alla figura 25 nascano dall'unione di due cristalli della medesima figura 26, ma congiunti per le facce C. E questa maniera di considerare i cristalli rappresentati dalle figure 22 e 25 sembrami confermata dal particolar carattere delle facce *g* le quali, essendo poliedriche, nei cristalli della figura 22 si manifesta la loro poliedria per essere nel mezzo depresse, ed in quelli della figura 25 sono nel mezzo prominenti.

Metamorfismo scambievole tra i cristalli di levo e destro tartrato acido ammonico. — Il metamorfismo tra i cristalli di specie diverse dei tartrati acidi ammonici presenta qualche differenza paragonandolo allo stesso fenomeno tra gli analoghi sali di potassa. Dappoichè immergendo i cristalli di destro tartrato acido ammonico nella soluzione di puro levo tartrato, o nel caso inverso, non ho mai potuto riconoscere in essi alcuna diminuzione di peso per effetto della già cominciata trasformazione. La qual cosa dimostra che o niente affatto dei cristalli immersi si discioglie nel liquore di specie diversa, o se pure qualche parte se ne solve, essa è al certo piccolissima. Usando negli esperimenti cristalli nitidissimi e trasparenti, nell'atto della immersione essi si appannano superficialmente, ed il loro appannarsi succede con tanta rapidità che in meno di due secondi ho veduto affatto dileguarsi la loro trasparenza, sia facendo l'esperimento con soluzioni alquanto concentrate alla temperatura di qualche grado superiore a 40°, sia immergendoli in soluzioni che da più di ventiquattr'ore avevano depositato cristalli alla temperatura dell'ambiente di poco superiore a 20°. Il deposito poi dei cristallini di specie diversa per i sali ammonici avviene assai più rapido che per le corrispondenti specie a base di potassa. Tre grossi cristalli di destro tartrato acido ammonico del peso gr. 1,502 cinque ore dopo essere stati tuffati in soluzione di levo tartrato discretamente satura a 42° pesarono gr. 1,687 (aumento 12, 32 per cento); sette cristalli del peso gr, 0, 729

tuffati in altra soluzione somigliante alla precedente, dopo venti ore li ho trovati pesare gr. 2, 036 (aumento 179, 29 per cento); tre cristalli del peso gr. 0, 474 tuffati in soluzione che da circa venti ore depositava cristalli alla temperatura variabile tra 21°, 2 e 22°, 1 dopo due ore pesarono gr. 0, 551 (aumento 8, 93 per cento). Quantunque assai breve il tempo del metamorfismo in quest' ultimo saggio, pure i cristallini prominenti sulle facce dei cristalli primitivi erano ben distinti, tranne sulle facce che poggiavano sul fondo del cristallizzatoio. Queste facce bagnate da pochissimo liquore in tutti i cristalli dei riferiti esperimenti non mi han presentato alcun segno di corrosione che avesse potuto farmi supporre l'azione dissolvente del liquore su di esse; e mi è sembrato, guardandole con lente d' ingrandimento, che fossero quasi inverniciate di tenuissima patina cristallina.

L' ingrandimento dei cristalli dei tartrati acidi ammonici nelle soluzioni di specie diversa mi si è presentato in parità di circostanze manifestamente eguale o anche più rapido del loro ingrandimento nelle soluzioni della medesima specie. Nondimeno per avere maggior certezza di questo fatto ho immerso nella medesima soluzione di levo tartrato acido ammonico quattro cristalli di destro tartrato del peso gr. 0, 382 e quattro cristalli di levo tartrato del peso gr. 0, 319. Trascorse quattr'ore ho estratto i cristalli, li ho prosciugati e pesati. I primi pesavano gr. 0,402 (aumento 5,23 per cento) ed i secondi pesavano gr. 0, 335 (aumento 5,02). In un secondo esperimento fatto con soluzione alquanto più concentrata ho adoperato quattro cristalli di destro tartrato del peso gr. 0, 380, ed i medesimi quattro cristalli di levo tartrato del saggio precedente di gr. 0, 335. Dopo cinque ore i primi pesavano gr. 0,405 (aumento 6, 58 per cento) ed i secondi pesavano gr. 0, 354 (aumento 5,67 per cento).

Il metamorfismo poi tra i cristalli dei sali ammonici avviene essenzialmente come per quelli di potassa. Allo stesso modo i nuovi cristallini bislunghi ricuoprono le facce A, *k*, *l*, C, (*fig.* 1,) parallele all'asse *b*, e vengon fuori prominenti sulle facce *g*, *n'*, *u'* convergenti verso il medesimo asse *b*. Ma sulle facce *g*, *n'*, *u'* non si mostrano isolati, siccome li dimostra la

figura 36 che rappresenta un cristallo di levo tartrato acido potassico. Essi sono invece strettamente congiunti insieme sin dal principio del metamorfismo, formando uno strato continuo con superficie interrotta da minutissime e frequenti cavità prodotte dal rinvenirsi sulla faccia *n'* del cristallo primitivo non solo le faccette *n'* dei novelli cristallini, ma anche le loro faccette *g*, *u'*, *n* che si ripetono con angoli rientranti; e la medesima cosa interviene sulle facce *n* del cristallo primitivo.

Comparazione tra i cristalli dei tartrati acidi di potassa e di ammonio con quelli dei paratartrati acidi delle medesime basi. — Nelle figure 1 a 5 ho rappresentato le forme dei cristalli dei tartrati acidi di potassa e di ammonio che si riferiscono al sistema trimetrico ortogonale, nè in essi ho osservato altre specie di facce all'infuori di quelle indicate nelle medesime figure e le facce *x* della figura 18. I cristalli del paratartrato acido ammonico o potassico sono monoclini, e sogliono variare per la presenza o mancanza di alcune specie di facce. Nelle figure 6 e 7 ho rappresentato una delle forme più frequenti del paratartrato acido ammonico, nella figura 6 con la faccia A parallela al piano di proiezione e nella figura 7 con la medesima faccia perpendicolare al piano di proiezione. Le figure 8 e 9, situate come le due precedenti, rappresentano una varietà dei cristalli di paratartrato acido potassico, e le figure 10 ed 11 un'altra varietà della medesima specie con le facce β perpendicolari o parallele al piano di proiezione. Nella figura 12 è disegnato un cristallo gemino con l'asse di rivoluzione perpendicolare ad A; ed i casi di geminazione sono alquanto rari sì nel sale di potassa che in quello di ammonio.

Nel tutto insieme delle loro forme non si scorge alcuna relazione tra i cristalli monoclini dei paratartrati con i cristalli ortogonali dei tartrati; ma sì negli uni che negli altri vi è clivaggio nitidissimo parallelo alle facce C, ed una seconda direzione di clivaggio ad angolo retto col primo e di esso meno nitido si scuopre parallelo alle facce A. Di più le faccette *i*, *k*, *l*, *o* comprese nella zona A C fanno con A quasi gli stessi angoli sì nei cristalli dei tartrati che in quelli

dei paratartrati. Quando poi si viene a paragonare le inclinazioni su di A delle facce comprese nella zona A *e g* dei tartrati con le inclinazioni delle facce comprese nell'analoga zona A*dfβh* dei paratartrati non si scorge più alcuna relazione; come pure non sono comparabili le inclinazioni delle facce delle altre zone A*m'n'u'* dei tartrati ed A*pqrs* dei paratartrati. Ciò apparirà manifesto volgendo lo sguardo alle seguenti misure goniometriche.

	PARATARTRATO ACIDO	
	potassico	ammonico
A sopra d =	148°18'	*147°31'
A » f =	140 10	138 35
A » β =	116 18	114 33
A » h =	101 52	*102 21
A » i =	155 11	154 12
A » k =	145 16	144 6
A » l =	125 48	124 34
A » o =	109 50	109 1
A » p =	130 37	129 22
A » q =	*123 12	122 36
A » r =	*109 28	108 41
A » s =	98 33	98 53
p » p' =	115 55	114 28
q » q' =	108 26	107 42
r » r' =	* 97 34	96 32
s » s' =	92 34	* 92 28
(Ap)»(Ap') =	91 20	91 8

Paratartrato acido potassico

$a:b:c = 1:0,6316:0,6455$

Paratartrato acido ammonico

$a:b:c = 1:0,6156:0,6267$

Simboli delle facce; A 100; C 001; β 010; $d\ 3\bar{1}0$; f 110; $h\ 1\bar{1}0$ i 301; k 201; l 101; o 102; p 111; $q\ 2\bar{1}1$; r 011; $s\ 1\bar{1}1$.

	TARTRATO ACIDO	
	potassico	ammonico
A sopra e =	145° 6'	144°15'
A » g =	125 38	124 47
A » i =	155 40	154 48
A » k =	145 51	144 47
A » l =	126 24	125 19
A » m' =		134 46
A » n =	*117 12	*116 23
A » u =	90 0	90 0
m » m' =		120 22
n » n' =	*103 22	*102 18
(An)»(An') =	91 36	91 6

Tartrato acido potassico

$a:b:c = 1:0,7168:0,7373$

Tartrato acido ammonico

$a:b:c = 1:0,6946:0,7085$

Simboli delle facce; A 100; C 001; e 210; g 110; i 301; k 201; l 101; u 011; m 211; n 111.

Malgrado queste differenze, si troverà una relazione più intima tra i cristalli ortogonali ed i monoclini calcolando le inclinazioni dello spigolo A*p* sopra A*p'* nei paratartrati, e di A*n* sopra A*n'* nei tartrati, le quali inclinazioni riportate nel precedente quadro sono assai prossimamente eguali. Egli è però che i piani delle quattro zone A*iklo*C, A*dfβh*, A*pq'rs'*, A*p'qr's*, in cui si comprendono tutte le facce dei cristalli monoclini dei paratartrati, hanno tra loro le medesime inclinazioni che si rinvengono tra i piani delle quattro zone A*ikl*C, A*eg*, A*mnu*, A*m'n'u'* che abbracciano tutte le facce dei cristalli ortogonali dei tartrati.

Confrontando dunque l'uno con l'altro i due tipi di forme, si deduce che nel tipo monoclino dei paratartrati, conservandosi tra gli assi *c* ed *a* e tra gli assi *c* e *b* le medesime condizioni del tipo ortogonale dei tartrati, si sono mutate soltanto le condizioni tra gli assi *a* e *b*. Di questo mutamento non è facile definire il carattere fisico che per ora sfugge alle nostre ricerche. Osserviamo soltanto nella forma dei cristalli la differenza del carattere geometrico che deriva dalla differenza del carattere fisico, e che potrà guidarci a conoscere la vera natura di tal differenza; ma per ora non veggo chiaro come vi si possa pervenire.

Le riferite considerazioni sulle zone dei due tipi di forme mi han portato a ricercare se i cristalli monoclini dei paratartrati potessero considerarsi come ortogonali emiedrici, dotati cioè della stessa specie di emiedria che osserviamo nei cristalli di datolite o in quelli del secondo e terzo tipo della humite. Ed ho voluto in pari tempo ricercare quale relazione si rinvenga tra i cristalli dei paratartrati riferiti al sistema ortogonale ed i cristalli ortogonali dei tartrati. Avendo quindi eseguito il calcolo sopra i cristalli di paratartrato acido potassico, ritenendo l'inclinazione di A sopra β=116°18', sono giunto a questi risultamenti.

Cristalli di paratartrato acido potassico

Angoli calcolati riportando i cristalli al sistema ortogonale	Angoli calcolati riportando i cristalli al sistema monoclino
—A sopra *d* = ... =148°22′	—148°18′
+A » *f* = A sopra(*pp′*)=140 12	—140 10
— . . . . . . =A » (*qq′*)=132 33	—132 27
+A » *β* =A » (*rr′*)=116 18	—116 18
—A » *h* =A » (*ss′*)=101 57	—101 52

Cristalli dei tartrati acidi di potassa.

Angoli calcolati con A sopra *β*=116°18′	Ang. del quadro preced.
A sopra *e* = A sopra (*mm′*)=144°42′	— 145° 6′
A » *g* = A » (*nn′*) =125°14′	— 125 38

Come si scorge ragguagliando i valori angolari dei cristalli di paratartrato calcolati secondo il sistema ortogonale con quelli calcolati secondo il sistema monoclino, la differenza è piccolissima, non maggiore di sei minuti e molto minore di quella che risulta dalle misure dirette sopra cristalli le cui faccette sono sempre più o meno poliedriche. Per il tartrato la differenza tra gli angoli calcolati secondo le misure dirette prese sopra i suoi cristalli e gli angoli calcolati sulle misure prese sopra i cristalli di paratartrato giunge a ventiquattro minuti; la qual differenza non è gran cosa ove si consideri che nei due tipi di forma la diversa poliedria delle facce derivante dalla diversa simmetria delle forme basta a dar ragione di questa o di maggiori differenze. Non dimeno quando si tien conto dei rapporti di lunghezza tra gli assi *a* e *b* che

sono stati adottati per ciascuna specie di faccia nel riferito calcolo, fa d' uopo convenire esservi qualche cosa di complicato e di strano. Dappoichè ritenendo l' asse *a* invariabile per tutte le faccette, sì dei cristalli del tartrato che del paratartrato, l' asse *b* si trova variare nelle seguenti proporzioni secondo le facce alle quali si riferisce.

h o *s* — *b* = 3	nei cristalli di paratartrato acido potassico.	
β o *r* — » = 7		
q — » = 13		
f o *p* — » = 17		
d — » = 23		
g o *n* — » = 10	nei cristalli dei tartrati acidi potassici.	
c o *m* — » = 20		

Lasciando altre considerazioni che potrei aggiungere sulle forme cristalline dei tartrati acidi e dei paratartrati acidi di ammonio e di potassa, passerò ad esaminare il diverso grado di solubilità di questi sali che fa d' uopo conoscere per quel che più tardi dovrò esporre sul loro metamorfismo scambievole. In molti esperimenti eseguiti su di essi, importandomi conoscere la quantità dei sali contenuta nelle soluzioni, ho determinato il peso del sale disciolto in acqua bollente, e dopo qualche giorno che le soluzioni erano state esposte alla temperatura dell' aria ambiente, ho pesato i cristalli depositati e determinato altresì il volume del liquore; talchè mi è stato facile conoscere la quantità del sale disciolto in un centimetro cubo dello stesso liquore. Intanto i risultamenti di questi saggi, per ragioni facili ad intendersi, spesso mi han presentato notevoli differenze. Soltanto ho potuto conchiudere che il paratartrato acido ed i tartrati acidi di potassa, essendo pochissimo solubili, il primo è di poco meno solubile degli altri; che il paratartrato acido ammonico è più solubile del sale potassico, e che in fine i tartrati acidi ammonici sono assai più solubili del paratartrato acido della medesima base. Per determinare con maggior precisione il loro grado di so-

lubilità ho polverizzato i cristalli puri, e tenuta in digestione la loro polvere in acqua stillata per circa sei ore, agitando spesso la mescolanza. Quindi ho preso una quantità determinata della soluzione limpida che ho fatto evaporare a circa 60°, e poi ho pesato il residuo ben secco nello stesso bicchiere in cui ho fatto l'evaporazione. Essendo la temperatura delle soluzioni eguale a 28°.4 ho avuto da gr. 18,200 della soluzione di paratartrato acido potassico gr. 0,127 di residuo; da gr. 20,3755 della soluzione di levo tartrato acido potassico gr. 0,149 di residuo; da gr. 21,454 della soluzione di destro tartrato acido potassico gr. 0,156 di residuo; da gr. 21,873 della soluzione del paratartrato acido ammonico gr. 0,234 di residuo; e da gr. 18,656 di levo tartrato acido ammonico gr. 0,617 di residuo. Quindi si deduce per la riferita temperatura:

Il paratartrato acido potassico	solubile in	142	parti d'acqua
Il levo tartrato acido potassico	—	136	—
Il destro tartrato acido potassico	—	136,5	—
Il paratartrato acido ammonico	—	92,5	—
Il levo tartrato acido ammonico	—	29,2	—

Ripetuta la pruova alla temperatura di 15°.3 ho avuto per i residui delle diverse soluzioni gr. 0,078 da gr. 18,437 della soluzione di paratartrato acido potassico; gr. 0,099 da gr. 22,080 della soluzione di destro tartrato acido potassico; gr. 0,148 da gr. 22,758 della soluzione di paratartrato acido ammonico, e gr. 0,423 da gr. 19,004 della soluzione di destro tartrato acido ammonico. Quindi alla temperatura di circa 15°:

Il paratartrato ac. potassico	è solubile in	236,37	parti d'acqua
Il destro tartrato ac. potassico	—	223,03	—
Il paratartrato ac. ammonico	—	153,77	—
Il destro tartrato ac. ammonico	—	44,93	—

Cristalli di paratartrato acido potassico metamorfizzato in levo e destro tartrato acido potassico. — La trasformazione dei cristalli di paratartrato acido potassico in levo e destro tartrato acido della medesima base succede con ammirevole precisione e chiarezza; e con tutti i particolari allo stesso modo, sia che i cristalli di paratartrato siano tuffati nelle soluzioni di levo tartrato, ovvero di destro tartrato acido potassico; se non che i cristallini che sulle loro superficie s'impiantano offrono distinta l' una o l' altra specie di emiedria secondo la natura diversa della soluzione. Nella figura 31 vedesi disegnato un cristallo di paratartrato acido potassico diciassette ore dopo essere stato immerso in soluzione di destro tartrato. Il cristallo primitivo presentava le facce A,β,r, (*fig.* 11) assai grandi e molto piccole le facce p,q,h; e tutte queste facce sono scomparse, perchè la soluzione mentre deposita i nuovi cristallini, come in molti altri casi, discioglie i cristalli di specie diversa in essa immersi. Quanto poi ai nuovi cristallini, essi s' impiantano su qualunque specie di faccia del cristallo primitivo, tutte le loro facce A, C si dispongono esattamente parallele alle facce A, C di questo, e sono più o meno bislunghi nel verso dell' asse c. Nei diversi saggi fatti sulla trasformazione del paratartrato acido potassico, quando i cristalli co' quali ho fatto l' esperimento sono stati piccoli, ho talvolta osservato che prima di saldarsi insieme i nuovi cristallini del tartrato, essendosi del tutto disciolto il cristallo di paratartrato sul quale essi aderivano, sono rimasti gli uni dagli altri separati. D' ordinario poi essi han finito per congiungersi tutti insieme sino a formare, prolungato l' ingrandimento, un solo cristallo con facce continue, che racchiude nel mezzo come nocciolo, la parte non disciolta del cristallo primitivo.

Per avere un saggio del come procede lo sciogliersi dei cristalli di paratartrato ed il depositarsi dei nuovi cristallini dei tartrati, basta fare attenzione ai seguenti risultamenti ottenuti con cristalli di diversa grandezza.

			dopo 17 ore	diminuzione
soluzione di levotartrato	1. 14 piccoli cristalli	gr. 0,249	gr. 0,211	15,26 per 100
	2. 10 cristalli più grossi	» 1,215	» 1,127	7,24 »
soluzione di destro tartrato	1. 14 piccoli cristalli	» 0,253	» 0,221	22,65 »
	2. 10 cristalli più grossi	» 0,923	» 0,834	9,74 »

Concentrate alquanto le soluzioni, ho in esse immerso i medesimi cristalli nei quali era cominciato il metamorfismo, e vi ho aggiunto altri cristalli novelli di paratartrato.

			dopo 13 ore	aumento
soluzione di levo tartrato	1. 14 cristallini precedenti	gr. 0,211	gr. 0,223	5,69 per 100
	2. 10 cristalli precedenti	» 1,127	» 1,202	6,65 »
	3. 15 nuovi cristallini	» 0,263	» 0,262	
soluzione di destro tartrato	1. 14 cristallini precedenti	» 0,221	» 0,234	5,88 »
	2. 10 cristalli precedenti	» 0,834	» 0,880	5,50 »
	3. 15 nuovi cristallini	» 0,262	» 0,259	

Per i risultamenti di questi saggi apparisce chiaro che il paratartrato acido potassico si solve nelle soluzioni, quantunque sature, dei tartrati acidi della medesima base; o ciò che vale lo stesso, che una determinata quantità di acqua che a temperatura stabilita non potrebbe disciogliere maggiore quantità di ciascuna specie di tartrato, può disciogliere il paratartrato. Se così non fosse, non avrebbesi potuto avere diminuzione di peso nei cristalli diciassette ore dopo essere stati esposti a trasformarsi. E tale diminuzione è da reputarsi ancora di maggiore importanza di quel che a prima giunta sembrano dimostrare le cifre. Dappoichè le soluzioni adoperate in queste esperienze erano in origine cristallizzanti, e però sature alla temperatura dell'ambiente; e prima di rimettervi i cristalli di paratartrato sono state riscaldate sino all'ebollizione, e la immersione dei cristalli si è fatta quando la loro temperatura si è abbassata a circa 40°. Quindi per la evaporazione sofferta esse si trovavano avere maggior copia dei tartrati di quanta alle basse temperature dell'ambiente potevano contener disciolta.

Quanto alla proporzione con la quale si scema il peso

dei cristalli immersi, essa si scorge maggiore nei cristalli più piccoli, dappoichè questi a peso eguale hanno superficie molto più estesa dei cristalli di maggior grandezza. Nei cristalli poi n. 3 immersi per la prima volta nella seconda esperienza, la diminuzione in peso è piccolissima e quasi nulla, perchè le soluzioni contenendo già disciolto il paratartrato dei cristalli della prima immersione, hanno disciolto meno dei cristalli della seconda immersione; talchè la parte disciolta ed i cristallini depositati vi sono trovati quasi ragguagliati in peso. Per la medesima ragione quando ho tuffato novelli cristalli di paratartrato nelle soluzioni da più giorni adoperate al metamorfismo di altri cristalli, mentre su di essi sono venuti a depositarsi con la solita regolarità i cristalli dei tartrati, essi stessi sono rimasti intatti o quasi intatti avviluppati nel mezzo del nuovo deposito. Ho pure osservato, prolungando l' ingrandimento dei cristalli metamorfizzati, che si giunge ad un punto nel quale, scemata di molto la specie di tartrato acido da prima disciolta nel liquore, comincia una nuova fase di metamorfismo per il paratartrato che si trova disciolto nello stesso liquore, e che a sua vece trasforma i cristallini dei tartrati in paratartrati.

In tutti gli esperimenti fatti con i tartrati o paratartrati di qualunque specie ho incontrato non lieve difficoltà a condurli innanzi, perchè dopo pochi giorni si generano nelle loro soluzioni le muffe che le intorbidano e le guastano. Questo inconveniente è molto maggiore per le specie poco solubili, come il paratartrato acido ed i tartrati acidi di potassa, essendo assai lento l'ingrandimento dei loro cristalli. Per rimediare a tale incommoda condizione, ho decantato e fatto bollire le soluzioni ogni due o tre giorni, rimettendo in esse, quando son giunte a circa 40°, i medesimi cristalli che prima vi erano. In tal guisa, mentre da una parte s' impedisce la produzione delle muffe, si ottiene pure che l'esperienza si porta più presto a compimento.

Cristalli di levo e destro tartrato acido potassico metamorfizzati in paratartrato acido potassico. I cristalli di levo e destro tartrato acido potassico immersi nella soluzione di paratartrato acido potassico restano superficialmente corrosi

come nel caso inverso or ora esaminato; e nel medesimo tempo su di essi s' impiantano i nuovi cristallini. Quanto alla disposizione dei nuovi cristallini sul cristallo primitivo essa somiglia moltissimo al distribuirsi l' una sull' altra le due specie di cristalli dei tartrati acidi quando scambievolmente si metamorfizzano. Che i nuovi cristallini bislunghi ricuoprono completamente le facce A, *k*, *l*, C, (*fig.* 1,) e riescono prominenti sulle facce *g*, *n*, *u*, come si scorge nella figura 36.

Prima di farne la pruova, persuaso che i cristalli dei tartrati si dovessero metamorfizzare in paratartrato, perchè si era verificato, il caso inverso, era premuroso di esaminare come si andassero ad allogare sul cristallo primitivo ortogonale i nuovi cristallini monoclini; dappoichè essendo nei cristalli di paratartrato acido potassico le facce della zona A *d*, *f*, *β*, *h*, (*fig.* 6 ad 11), come pure le facce *p*, *q*, *r*, *s*, inclinate alcune verso A, altre inclinate dalla parte opposta verso A', non sapeva prevedere come i cristallini generati a qualche distanza l' uno dall' altro si potessero poi tra loro corrispondere in guisa che tutte le facce della medesima specie si trovassero parallele. E la mia giusta curiosità è stata del tutto soddisfatta in una maniera ammirevole che non avrei potuto attendermi. Difatto ho trovato che i cristallini di paratartrato che si depositano sul cristallo primitivo di tartrato sono senza eccezione tutti gemini. Di più essendo A il piano di geminazione, e per conseguenza incontrandosi le facce *h*, (*fig.* 9), da una parte con angolo diedro rientrante, e dalla parte opposta con angolo prominente, i cristallini gemini del paratartrato sono sempre impiantati sul cristallo primitivo di tartrato acido potassico per la parte ove là le facce *h* s' incontrano con angolo rientrante, e però le loro estremità libere corrispondono all' angolo diedro prominente formato dalle facce *h*.

Apparisce per sè evidente la importanza di questo fatto, il quale ci dimostra l' arcana azione dei cristalli ortogonali dei tartrati sul primo accozzarsi delle molecole dei cristallini di paratartrato; azione tale che li costringe a divenire gemini e ad impiantarsi per la parte ove le facce *h* s' incontrano con angolo diedro rientrante. Trascorse non più di

sedici ore dopo la immersione dei cristalli di tartrato acido nella soluzione di paratartrato, ho già osservato ben distinta la costante geminazione dei nuovi cristallini e la loro costante maniera d' impiantarsi sulle facce *g*, *n*, *u* del cristallo primitivo; e melgrado la piccolezza delle faccette *h* terminali, ho potuto assicurarmi della specie alla quale appartengono misurandone l'inclinazione sulle facce A col goniometro a riflessione. Talchè sulla esattezza del fatto annunziato non posso conservare alcun dubbio. Lo stesso fatto è pure rifermato dalla forma che si osserva derivare dal fondersi insieme i cristallini dopo la completa trasformazione. Come si osserva nella figura 29, **a, b,** che rappresenta un cristallo giunto al completo suo metamorfismo, nella parte superiore e nella inferiore del cristallo vi sono le facce *h* disposte come nei cristalli ortogonali, incontrandosi cioè in entrambe le parti opposte con angoli diedri prominenti. Quanto alle facce *q*, *r*, che sono altresì disposte come lo sarebbero in un cristallo ortogonale, debbo soggiungere che le faccette *q*, le ho quasi sempre così rinvenute come sono nella figura disegnate, mentre delle faccette *r* nei diversi cristalli osservati ne ho trovato soltanto alcune quando in una parte, quando in un'altra del cristallo senza regola fissa. Nella medesima figura si veggono pure le faccette rugose *x* presso le estremità dello spigolo formato dalle facce *h*, *h'*, sulle quali faccette ora non è necessario trattenerci.

Cristalli che si hanno dalle soluzioni di levo e destro tartrato acido potassico mescolati in varie proporzioni. — Non avrei preso ad indagare le maravigliose forme cristalline che si hanno mescolando insieme in proporzioni diverse il levo ed il destro tartrato acido potassico se non ci fossi stato guidato da casuale osservazione. Avendo gran copia di levo e destro tartrato neutro potassico-sodico mescolati insieme, e volendo separare le due specie, d'ordinario non distinte pel carattere dell'emiedria, ho fatto ingrandire nelle acque madri i cristalli isolati sino a raggiungere il peso di circa cinque grammi. Ho quindi disciolto separatamente ciascun cristallo, ed avendo aggiunto nella soluzione un po' di acido nitrico, ho avuto, secondo la specie del cristallo disciolto, il

destro o il levo tartrato acido potassico che in parte si è precipitato per la sua poca solubilità. Questo metodo intanto non suol dare soluzioni che contengono una specie di tartrato affatto scevra dell'altra specie, ed in qualche caso in cui non ho avvertito che il cristallo disciolto teneva incastonato altro cristallo di specie diversa, è avvenuto per conseguenza che nel liquore si sono trovate riunite le due specie di tartrato acido potassico l'una in maggior copia dell'altra. Da queste soluzioni poi ho avuto cristalli di strana forma che saranno di quì a poco esaminati, e mi han fatto comprendere l'importanza di studiare i cristalli che nascono dalle mescolanze in varie e note proporzioni dei due tartrati acidi potassici.

Ho scelto nel fare le mescolanze delle due specie di tartrati tre diverse proporzioni: di 4: 1, di 2: 1, e di 3: 2. Esperrò in primo luogo i risultamenti delle mescolanze secondo le due ultime proporzioni che sono i più semplici. Avendo disciolto in circa 700 centimetri cubi di acqua calda grammi quattro di levo tartrato acido potassico e grammi due di destro tartrato acido potassico, entrambi ottenuti col metodo indicato di sopra (pag. 317), per averli puri, ho avuto col raffreddamento del liquore molti minuti cristalli di paratartrato terminati dalle facce A, β, *r*, *h*, C, (*fig.* 9), che ho lasciato ingrandire per due giorni. Indi ogni due giorni ho decantato e concentrato alquanto col bollimento il liquore, e vi ho rimesso i medesimi cristalli ingranditi, prendendo nota del peso dei cristalli e della loro forma ogni volta che ho concentrato la soluzione. Quando il peso dei cristalli ingranditi è giunto a gr. 3,789 mi sono accorto che già essi cominciavano a trasformarsi. Le loro facce A erano ricoverte da un cristallo di levo tartrato acido, (*fig.* 40,) (1) che si allargava alquanto oltre le facce laterali del cristallo di paratartrato, e si distingueva per le strie parallele agli spigoli A C. Altri cristallini di levo tartrato venivan fuori dalle fac-

(1) Il cristallo che ha servito di modello alla figura 40 proviene dalla mescolanza del seguente esperimento col destro tartrato acido potassico in maggior copia, e però i novelli cristallini appartengono a questa specie.

ce C dei primitivi cristalli di paratartrato nel modo che ho disegnato nella figura 40, quantunque meno prominenti, rappresentando la figura un grado di metamorfismo più avanzato. Intanto le facce β, r, h si conservavano ancora nitide, nè su di esse aderiva alcun cristallino di levo tartrato. Rinnovando le concentrazioni del liquore, e progredendo l'ingrandimento dei cristalli, sulle facce β, r, h non si è mai impiantato alcun novello cristallino e, soltanto le ho vedute alquanto appannate, non saprei dire se per effetto di corrosione, o piuttosto in conseguenza di disturbata regolarità nell' ingrandimento dei medesimi cristalli. Nel medesimo tempo i cristallini aderenti alle facce C si sono alquanto distesi sulle facce r. In fine quando il peso dei cristalli depositati ed ingranditi è giunto a gr. 5,277 mi sono accorto che le facce n dei cristallini di levo tartrato erano solcate da rozze strie parallelamente agli spigoli A n come vedremo più per disteso nei cristalli dalla mescolanza delle due specie nella proporzione di 4 : 1.

Nell' altro esperimento fatto con tre grammi di destro tartrato e grammi due di levo tartrato acido potassico; si sono ripetuti tutti i medesimi particolari descritti nell' esperimento precedente. Essendosi già ingranditi i cristalli di paratartrato acido potassico depositati sino a pesare gr. 3,068, non ci ho scorto su di essi alcun segno dei cristallini di destro tartrato, e che ho potuto osservare distintamente quando il loro peso è giunto a gr. 3,505. Quando poi son giunti a pesare gr. 4,511, allora si son pure manifestate le strie sulle facce n'' dei nuovi cristallini.

I più importanti risultamenti li ho avuti dal terzo esperimento fatto con quattro grammi di destro tartrato acido potassico ed uno di levo tartrato, per la quale proporzione si hanno due parti di paratartrato e tre di destro tartrato acido potassico. I cristalli avuti da questa mescolanza dal principio sino alla fine dell' esperimento, siccome li mostra la figura 37, han presentato la forma del destro tartrato acido potassico col particolare carattere apparente che le facce n', n'' sono rozzamente striate in direzione parallela agli spigoli An'. Ed un altro carattere di maggior momento mi hanno manifestato quando col

goniometro a riflessione ho misurato l' inclinazione delle facce n', n'' sopra A, e delle altre due facce n, n''' sulla faccia A' posteriore; dappoichè ho trovato riflettersi da ciascuna faccia n due immagini ben distinte con una delle quali si ha l' inclinazione delle n sopra A di circa 117° e con l' altra di circa 123°. Quindi è chiaro che le facce n sono composte di due faccette che si ripetono alternandosi, e producono le menzionate strie. Una di esse appartiene alle vere facce n dei cristalli dei tartrati acidi potassici, e l'altra alle facce q dei cristalli di paratartrato. Per avere più esatta notizia di questa strana fusione dei cristalli monoclini di paratartrato acido potassico con i cristalli ortogonali dei tartrati acidi ho misurato le inclinazioni di n q sopra A in molti cristalli nei tempi successivi del loro accrescimento. Nel seguente quadro sono riportati i valori angolari rinvenuti con misure dirette in otto cristalli misurati in quattro diversi periodi del loro ingrandimento. Gli angoli sotto i numeri 1 e 2 li ho avuti quando i cristalli depositati pesavano gr. 1,245; quelli dei numeri 3 e 4 quando pesavano gr. 3,227; quelli dei numeri 5 e 6 quando pesavano gr. 4,042 e gli ultimi dei numeri 7 ed 8 quando pesavano gr. 4,689. Giunto a questo ingrandimento dei cristalli non rimanevano che 26 centimetri cubi di liquore, e però non si poteva prolungare l' operazione, nè era da attendere alcun cambiamento prolungandola. Fa d'uopo pure notare che i pesi tolti dei cristalli depositati ed ingranditi sono sempre alquanto minori della quantità di sale depositato, dovendosi tener conto delle continue perdite inevitabili nelle successive decantazioni e concentrazioni del liquore; talchè nell' ultimo residuo della soluzione non vi poteva essere che piccola parte dei cinque grammi dei sali disciolti, e che secondo il loro grado di solubilità innanzi rinvenuto, (pag. 337), può calcolarsi circa gr. 0,180.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
A′q =	123°34′	123°16′	123° 6′	123° 4′	123° 9′	123°31′	123°29′	123°12′
A′n =	117 56	118 6	116 28	116 18	117 15	116 16	116 34	116 48
A′u =	»	»	89 33	»	89 56	98 55	90 12	»
Aq′ =	123 9	»	123 28	121 58	123 39	123 29	123 9	123 9
An′ =	115 29	116 54	117 24	116 6	116 42	117 2	116 54	116 19
Au′ =	»	»	90 11	90 21	90 21	89 51	89 47	89 41
Aq″ =	122 58	124 9	122 44	122 51	122 54	123 15	123 39	122 58
An″ =	116 31	117 18	116 46	116 39	116 2	116 26	116 13	117 1
Au″ =	»	»	»	89 57	90 11	»	90 12	89 47
A′q‴ =	123 39	123 30	123 36	123 3	123 4	123 7	122 24	123 2
A′n‴ =	116 48	116 4	117 32	117 2	117 15	116 56	117 21	117 19
A′u‴ =	»	»	90 3	»	89 56	89 27	90 2	89 41

Nel precedente quadro ho omesso soltanto le misure delle facce del tetraedro *n* minore, alcune delle quali ho pure qualche rara volta trovato; e quanto al resto ho registrato appuntino le misure goniometriche di tutte le faccette incontrate nella zona A *n′ n″* e nell'altra zona A′ *n n‴*. Nel verso delle zone A *e* ed A C, (*fig.* 1,) ho pure osservato con lente d'ingrandimento alcune faccette per le quali non mi è stato possibile nei cristalli ottenuti misurare l'inclinazione sopra A.

Intanto per i riferiti valori angolari trovo in primo luogo da osservare che i descritti cristalli presentano un caso d'intricata unione, e direi quasi di perfetta fusione, delle facce ap-

partenenti ai cristalli ortogonali del destro tartrato acido potassico ed ai cristalli monoclini del paratartrato acido della medesima base; che essendo di più in essi ben pronunziata la emiedria delle facce *n* propria del destro tartrato, le facce *q* del paratartrato ubbidiscono alla medesima legge di emiedria; ed in fine che stando le facce *q* nella parte superiore e nella inferiore del cristallo alcune inclinate verso A, altre inclinate posteriormente verso A', ne conseguita che in questo caso, come in quello del metamorfismo dei tartrati acidi potassici, la parte della massa cristallina che appartiene al paratartrato è disposta in due sensi convergenti come nei cristalli gemini.

Al medesimo ordine di fenomeni appartengono i cristalli ottenuti quando, nella maniera riferita di sopra, ho aggiunto un po' di acido nitrico alla soluzione dei cristalli di levo tartrato neutro sodico-potassico che contenevano in quantità minore anche il destro tartrato. La quantità di acido nitrico adoperata era maggiore di quanto ne abbisognava per neutralizzare la soda; e però il liquore contenendo un po' di acido nitrico libero, era in condizione di solvere i tartrati acidi potassici meglio che la semplice acqua stillata. Nondimeno sul principio ho avuto abbondante deposito di minutissimi cristallini che in gran parte ho conservato, e parte ho ridisciolto nello stesso liquore riscaldato ed alquanto allungato con novella acqua. Ho avuto così molti piccoli cristalli isolati che ho lasciato ingrandire per qualche giorno. Poi ne ho accelerato l'ingrandimento sciogliendo ogni due giorni nel liquore riscaldato piccola quantità del deposito cristallino ottenuto nel principio dell'operazione, e rimettendo nella soluzione giunta a circa 40° i cristalli già ingranditi. Quando i cristalli sono giunti a misurare tre a quattro millimetri nel loro maggior diametro, ogni volta che ho riscaldato il liquore ho conservato alcuni di essi per esporli a minuto esame; e sino a che ho finito di sciogliere tutto il primitivo deposito, ho rinvenuto la loro forma sempre la stessa, e tale quale vedesi figurata nel numero 27, **a**, **b**. Da sette cristalli scelti tra i migliori ho avuto i valori angolari ordinati nel quadro che segue, ed al quale bisogna rivolgere l'attenzione prima di venire alle conseguenze che se ne possono dedurre.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
Aq =	123°34'	123°17'	123°51'	123°49'	123°46'	123°24'	122°28'
An =	»	»	117 34	»	»	117 39	117 41
$A'q$ =	»	122 31	122 43	»	122 28	122 38	123 34
$A'r$ =	109 18	109 38	»	109 4	109 10	109 27	»
$A's$ =	»	»	98 42	»	98 18	98 4	»
Aq' =	»	»	»	»	123 21	»	»
An' =	»	116 24	116 53	»	117 3	117 28	117 34
Ar' =	110 12	110 3	»	»	»	»	109 24
As' =	99 16	»	»	98 26	»	99 11	98 58
$A'q'$ =	123 0	122 5	123 8	123 27	123 26	123 7	123 3
$A'n'$ =	»	»	»	»	117 38	118 2	»
Aq'' =	»	»	122 49	»	»	123 0	122 39
Ar'' =	»	109 12	»	109 21	»	»	»
As'' =	98 28	»	98 12	98 14	»	»	97 37
$A'q''$ =	123 17(1)	123 47	123 46	123 32	122 42	123 6	124 12
$A'n''$ =	»	118 16	»	117 36	»	»	»
Aq''' =	122 31	123 9	122 34	123 8(2)	123 14	122 29	123 51
An''' =	116 39	»	»	»	»	117 15	117 8
$A'q'''$ =	»	»	124 16	123 33	122 26	»	»
$A'n'''$ =	»	118 12	»	»	»	»	»
$A'r'''$ =	110 32	109 58	110 30	»	»	109 49	110 1
$A's'''$ =	»	»	100 25	99 31	98 2	»	»

L'aspetto dei cristalli, siccome apparisce dalla figura che li rappresenta, è quello dei cristalli di levo tartrato acido potassico, e da ciò si deduce senza alcun dubbio che nella soluzione era questa specie di sale soprabbondante in paragone della

(1) $A'r''=110°0'$.
(2) $Ar'''=108°29'$.

specie destrorsa. I valori angolari poi che misurano le inclinazioni delle facce rinvenuti con le misure dirette vengono a contradire questa illusoria apparenza, mostrando che le grandi facce allogate come le facce *n*, *n'''*, (*fig.* 3), nei cristalli del levo tartrato appartengono esclusivamente ai cristalli di paratartrato; ed oltre le facce *q* (*Tav. V. fig.* 27), che sono le più grandi, vi sou pure le facce *r*, ed *s*, dei medesimi cristalli di paratartrato. nella figura 27, **b**, ove ho rappresentato la parte inferiore del cristallo della figura 27, **a** con le facce A perpendicolari al piano di proiezione, si veggono le facce *h*, *h'* incontrarsi con angolo diedrio prominente al modo stesso come s'incontrano nella parte opposta; e quantunque non abbia riportato nel quadro le inclinazioni delle facce *h* sopra A, pure non ho mancato assicurarmi con misure dirette che esse realmente sono inclinate sopra A di circa 102°, e quindi appartengono alla specie *h*. I cristalli dunque della figura 27 appartengono al paratartrato acido potassico con quel carattere di geminazione proprio dei cristalli nati per metamorfismo dei tartrati, (*fig.* 29,) e con questo di particolare che le loro facce serbano la legge di emiedria distintiva dei cristalli di levo tartrato acido potassico, sia che si consideri la relativa estensione delle facce della medesima specie, come avviene per le facce *q*, sia che si consideri la mancanza di alcune delle facce della medesima specie, come avviene per le *r*, e per le *s*.

Vi sono inoltre sulle facce A dei medesimi cristalli alquanti cristallini, la cui regolare e costante disposizione sul cristallo maggiore s' intende agevolmente guardando la figura, e questi cristallini sono al certo di tartrato acido potassico, perchè si veggono terminati dalle faccette *n* che malgrado la loro piccolezza mi han permesso talvolta misurarne le inclinazioni sopra A, siccome veggonsi registrate nel quadro precedente. Non di meno resto in dubbio se essi appartengano alla specie sinistra ovvero alla destra, o se pure ve ne siano di entrambe le specie, perchè nelle minutissime faccette *n*, che incontrano con angolo rientrante le facce *q*, non si ravvisa distinto il carattere dell'emiedria

Avendo voluto continuare con qualche variazione gli esperimenti che mi han dato i cristalli testè esaminati, ho allun-

gato alquanto il liquore acido nel quale essi si erano generati ed ingranditi, e l' ho riscaldato, sciogliendovi un po' di paratartrato acido potassico. Poi ho riposto alquanti dei medesimi cristalli per farli ingrandire nella soluzione così preparata. Anche in questo nuovo saggio ho di tempo in tempo concentrato il liquore per impedire la produzione delle muffe e per accelerare l' ingrandimento dei cristalli. E questi han mostrato sin da principio mutate le condizioni delle facce A sulle quali sono scomparsi i cristallini di tartrato acido potassico, e sono divenute levigate. Di più sono apparse alcune faccette che prima non vi erano, e la loro forma è divenuta quale vedesi rappresentata nella figura 28, a, b. Gli angoli che ho trovato misurare le inclinazioni delle diverse specie di facce sulla faccia A ed A' sono riportati nel seguente quadro, nel quale ho registrato sotto i numeri 1, 2 e 3 gli angoli di tre cristalli misurati dopo il primo concentramento del liquore, sotto i numeri 4, 5 e 6 gli angoli di altri tre cristalli dopo il secondo concentramento, ed in fine sotto i numeri 7 ed 8 gli angoli di due cristalli dopo il terzo concentramento del liquore.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°
Ap =	»	»	»	»	132°33'	»	»	»
Aq =	123°21'	123°46'	123°41'	123°48'	123 17	122°28'	123°19'	122°44'
As =	98 58	98 23	99 2	98 49	98 54	98 32	98 22	97 52
$A'p$ =	»	»	129 15	130 28	129 47	130 16	130 18	»
$A'q$ =	123 17	123 7	123 6	»	122 49	123 8	123 21	122 33
$A'r$ =	108 36	109 12	106 2	105 2	111 50	106 4	108 34	107 42
	»	104 31	»	»	109 13	104 32	106 49	106 2
$A's$ =	98 28	98 52	98 27	97 48	»	98 31	»	»
Ap' =	130 56	130 54	131 2	»	130 12	»	»	131 9
Aq' =	123 22	123 33	»	122 9	122 44	122 12	122 43	122 46
Ar' =	109 30	107 32	109 52	»	109 17	104 57	104 38	105 1
	104 38	»	108 55	»	106 25	»	»	»
As' =	98 24	98 27	»	98 34	98 14	98 13	98 14	97 57
$A'p'$ =	»	»	»	132 19	»	»	»	»
$A'q'$ =	123 10	123 55	122 59	123 58	123 56	122 18	123 2	122 27
$A's'$ =	98 15	98 32	98 26	99 19	98 37	99 16	98 24	98 7
Ap'' =	»	130 39	»	131 34	»	130 27	132 21	129 51
Aq'' =	122 25	123 42	122 42	123 31	122 59	122 33	»	»
Ar'' =	104 30	107 21	104 52	106 46	111 22	109 17	109 59	108 18
	»	106 36	»	»	108 51	105 29	»	»
As'' =	97 54	99 31	98 23	98 58	97 27	»	»	»
$A'p''$ =	»	»	130 30	»	»	»	»	132 3
$A'q''$ =	123 31	122 7	123 3	121 28	122 26	122 48	121 37	122 51
$A's''$ =	99 33	99 13	98 7	97 32	98 29	99 12	97 51	99 45
Ap''' =	»	»	»	130 27	»	129 58	130 44	»
Aq''' =	122 43	123 9	122 49	122 43	122 9	122 55	121 51	122 13
As''' =	98 9	98 37	98 13	98 15	97 32	97 34	97 28	98 27
$A'p'''$ =	131 12	130 29	»	»	128 44	131 19	131 23	130 25
$A'q'''$ =	124 12	123 36	123 22	123 44	»	»	124 0	122 51
$A'r'''$ =	110 28	»	108 6	106 7	110 31	110 28	109 27	107 47
	106 1	»	105 58	104 41	106 27	106 39	106 46	105 6
$A's'''$ =	99 28	98 47	»	98 56	»	»	»	»

Malgrado il prolungato ingrandimento dei cristalli nella soluzione che conteneva quasi esclusivamente paratartrato acido potassico, la primitiva emiedria della loro forma si è conservata, sia per quanto riguarda la maggiore estensione delle facce q, q''', e si per la mancanza delle facce r ove sono le facce q più grandi. È pure notevole la poliedria delle facce r, variando la loro inclinazione sopra A da circa 105° sino a circa 111°, e d'ordinario esse mi han presentato diverse immagini degli oggetti veduti per luce riflessa; quindi è che nelle precedenti misure si trovano registrati gli angoli avuti con ciascuna delle due immagini estreme.

Il carattere poi di trovarsi le due facce h, h' (*fig.* 28), **b** formare angoli diedri prominenti nelle parti opposte del cristallo si è conservato sempre costante. La disposizione delle h come pure delle facce p, q, r, s è simile a quella che si osserva nei cristalli di paratartrato acido potassico, (*fig.* 29), che nascono dal metamorfismo dei cristalli dei tartrati acidi, e si è veduto come in questi derivi dall'essere i cristalli di paratartrato sempre gemini e sempre impiantati sulle facce g, n, u (*fig.* 1), delle estremità opposte dei cristalli dei tartrati, per la parte ove le facce h s'incontrano con angolo rientrante. Si è pure veduto per la mescolanza di tre parti di destro tartrato e due parti di paratartrato acido potassico derivarne cristalli composti dall'unione, e quasi direi compenetrazione delle due specie, nei quali cristalli (*fig.* 37), dominando l'emiedria propria del destro tartrato acido potassico, vi sono le facce sì del tartrato che del paratartrato. Quindi è facile intendere che le soluzioni in cui si sono generati i cristalli rappresentati dalle figure 27, **a**, **b** conteneva il levo tartrato ed il paratartrato acido potassico, il primo in quantità alquanto maggiore del secondo.

Intanto se si pon mente al modo come i cristallini di paratartrato che nascono per metamorfismo sopra i cristalli dei tartrati si trovano allogati gli uni verso gli altri, non si durerà fatica ad intendere che quando essi giungono a toccarsi, e quindi a formare con la loro fusione un sol cristallo, (*fig.* 29), l'interna struttura di questo cristallo risulta molto complicata. Basta tener conto della sola direzione dell'asse a in ciascuna metà dei cristalli gemini che non si trova per dritto con l'asse a

dell'altra metà, come nella figura 12 non sono per dritto facce β della metà superiore con le facce β' della metà inferiore. Quindi nell'interno dei cristalli figurati sotto i numeri 27, 28, 29 si alternano e s'intrecciano ripetutamente le piccole masse cristalline disposte come la metà superiore Aβ (*fig.* 12), con altre piccole masse cristalline disposte come la metà inferiore A'β'.

A questa interna struttura credo sia dovuto quel che mi è avvenuto osservare quando per lungo tempo sono rimasti nelle acque madri ad ingrandirsi i cristalli rappresentati dalla figura 28; e meglio ancora quando gli ho fatti ingrandire nella soluzione di puro paratartrato acido potassico. È allora succeduto che all'esterno del cristallo si sono distinte due o più parti separate da solchetti o strie flessuose in direzioni varie, in alcune parti stando le facce allogate come nella metà superiore della figura 12, e nelle altre come nella metà inferiore della medesima figura. È pure degno di nota in tal caso che i solchetti che su ciascuna specie di faccia davano la traccia della separazione più o meno distinta tra le parti del cristallo diversamente situate, si arrestano e rimangono occulti sulle facce *h*.

Ogni descrizione, per quanto estesa, sembrandomi insufficiente a dare giusta idea di tale separazione, ho rappresentato nella figura 35 un esempio dei meno complicati con tutti i suoi particolari copiato dal cristallo originale, e con le facce supposte spiegate e portate al medesimo piano della faccia A A'. La faccia A e tutte le facce contraddistinte con lettere semplici appartengono alle parti allogate come la metà superiore Aβ della figura 12; la faccia A', separata da A con un solco flessuoso, e tutte le facce dinotate con lettere fornite di apici appartengono alle altre parti allogate come la metà inferiore A'β' della figura 12. Le linee formate di puntini servono a far distinguere l'incontro delle facce con angoli diedri rientranti.

Ecco poi i valori angolari trovati con le misure dirette nel cristallo figurato.

Parte superiore sinistra			
'A sopra	q' =		123° 5'
— »	s =		»
— »	r' =	—	105 16
— »	q =	—	122 51
— »	p' =	—	130 7

Parte superiore destra			
A'A sopra	q' =		123° 5'
— »	r =		106 59
			104 32
— »	s' =		98 73
— »	r' =	—	105 28
— «	q =	—	123 1

Parte inferiore sinistra			
A'A sopra	p' =		130°35'
— »	q =		123 11
— •	r' =		109 19
			105 9
— »	s =		98 7
— »	s' =	—	98 36
— •	q' =	—	122 4

Parte inferiore destra			
A'A sopra	p' =		130°31'
— »	q =		123 11
— »	s =		»
— »	r =	—	105 26
			105 37
— »	q' =	—	123 2
— »	p =	—	130 58

In un' altra operazione, cominciata come la precedente aggiungendo dell' acido nitrico nella soluzione di un grosso cristallo di tartrato sodico potassico di specie indefinita, i cristalli di bitartrato potassico che ne ho avuti sono stati di particolar configurazione che non mi ha permesso riconoscere se essi appartenessero al levo o al destro tartrato acido. La loro forma è rappresentata dalla figura 41. **a**, **b**, **c**. Con le misure goniometriche mi sono assicurato che le facce maggiori, tutte nitidissime, appartengono al rombottaedro *n* dei tartrati acidi potassici, quantunque nei molti cristalli avuti dalla stessa soluzione, ed in essa lasciati ingrandire, non vi avessi ravvisato alcuno indizio di emiedria. Il più delle volte ho trovato più estese quattro facce *n* che sono nella medesima zona, come apparisce chiaro per le tre figure che li rappresentano in diverse posizioni. E negli angoli corrispondenti all' estremità dell' asse *b* vi sono due faccette curve ed irregolarmente ondate x, x', simili

a quelle che abbiamo dinotate con le medesime lettere in altri casi precedenti, e che sono nella medesima zona con *u* e C. Le faccette *x* essendo curve danno diverse immagini degli oggetti veduti per luce riflessa, e tra queste suol esservene una più delle altre distinta, e più delle altre prossima alla immagine riflessa da *u*. Cercata la inclinazione della faccia *u* sulla faccia *x*, secondo la sua immagine più distinta, l'ho trovata in cinque misure prese sopra tre cristalli eguale a 163°.15', 162°.39', 162°29', 162°.29', 162°.28'. Con le altre immagini estreme meno distinte ho trovato l'inclinazione di *u* sopra *x* variare tra 158°.40' e 157°.58'. Egli è però che le *x* vanno considerate come particolare specie di faccette riferibili al simbolo 0 2 1, deducendosi da questo simbolo l'inclinazione di *x* sopra *u* eguale a 161°.44'.

Cristalli di paratartrato acido ammonico metamorfizzati in levo e destro tartrato acido ammonico. — Il metamorfismo dei cristalli di paratartrato acido ammonico in levo e destro tartrato acido ammonico procede come nelle specie analoghe a base di potassa, con la differenza che i cristalli di paratartrato della specie ammonincale si solvono meno nelle soluzioni dei tartrati; e per poco di paratartrato che si trovi disciolto nel liquore, essi non patiscono sensibile diminuzione e restano integralmente inviluppati nel nuovo deposito cristallino dei tartrati. In conseguenza poi di quel che si è detto innanzi a riguardo della emiedria molto variabile nei cristalli dei tartrati acidi ammonici, avviene nei cristalli nati per metamorfismo che non hanno alcun carattere sicuro che faccia conoscere a quale specie di tartrato appartengano.

Cristalli di levo o destro tartrato acido ammonico metamorfizzati in paratartrato acido ammonico. — La trasformazione dei cristalli dei tartrati acidi ammonici in paratartrato avviene in modo tutto speciale che rende difficile il seguirc nei suoi particolari l'andamento del fenomeno. Circa un'ora dopo la immersione dei cristalli nella soluzione del paratartrato li ho sempre veduti ricoverti di punti prominenti che sono i novelli cristallini di paratartrato i quali vanno su di essi a depositarsi, e non lasciano più nulla vedere delle facce dei primitivi cristalli. Dopo due o tre ore nei cristallini di paratartrato

si giunge a distinguere anche ad occhio nudo la loro figura in forma di sottili lamine triangolari o rombiche secondo che apparisce il cristallo per metà o intero. A differenza poi di quel che succede per le specie a base di potassa, ove i novelli cristallini sono prominenti ed alquanto distanti l'uno dall'altro sulle facce *g*, *n*, *u*, (*fig.* 1,) e formano strato continuo con superficie striata sulle facce A, *k*, *l*, C, i cristallini di paratartrato acido ammonico sporgono con punte prominenti sulle facce *k*, *l*, C, allargandosi essi, più che in altra direzione, nel verso dell'asse *c*. Sulle facce poi *g*, *n*, *u*, del primiero cristallo non si produce nulla di rilevato, e queste facce si veggono rivestite di novello strato sottile con superficie continua che si vedrà in seguito appartenere alle facce *h* dei cristalli di paratartrato.

Intanto se si cerca estrarre dal liquore il cristallo che apparisce metamorfizzato quattro o cinque ore dopó la sua immersione, non è possibile evitare che la maggior parte dei cristallini di paratartrato si distacchino dal cristallo primitivo al quale sembravano aderire e lascino così vedere come non piccola porzione di esso siasi già disciolta. Anche lasciando passare un giorno senza toccarli, quantunque i nuovi cristallini acquistino maggior consistenza, e siano gli uni agli altri più strettamente congiunti, non si giunge ad impedire che molti di essi si distacchino spargendosi nel liquore. Bisogna attendere almeno tre giorni perchè il nuovo deposito dei cristalli di paratartrato acquisti tale consistenza che lo renda manegevole. Pervenuto a questo stato si riconoscerà che il gruppo dei nuovi cristallini forma quasi una buccia internamente vuota, essendo del tutto disciolto il cristallo sia di levo, sia di destro tartrato acido ammonico sul quale sono andati a depositarsi i cristallini di paratartrato. Questa facilità di solversi i cristalli dei tartrati quando si trasformano in paratartrato è in perfetta opposizione della quasi insolubilità dei cristalli di paratartrato nel fenomeno inverso; e la ragione di sì contraria maniera di prodursi i due fenomeni parmi che stia nell'essere il grado di solubilità dei tartrati acidi ammonici più che tre volte maggiore di quello del paratartrato. Tra i tartrati ed il paratartrato acido potassico essendovi piccolissima differenza nel loro grado di so-

lubilità, abbiam veduto e gli uni e l'altro solversi nelle loro scambievoli trasformazioni.

Nei cristallini poi che costituiscono la nuova buccia, siccome lo mostra la figura 32, si osserva agevolmente il fatto caratteristico del metamorfismo dei cristalli polisimmetrici, che cioè le facce d'identica specie dei nuovi cristallini sono tra loro parallele. I medesimi cristallini son talora numerosi con le estremità corrispondenti alle facce C, C′ molto prominenti, come è il caso del cristallo rappresentato dalla citata figura. Altra fiata i cristallini, più presto congiungendosi insieme, sembrano meno numerosi e sono assai meno prominenti.

(Continua)

L'ECLISSI DEL 18 AGOSTO 1868; NOTA DEL DOTTOR C. MARANGONI.

È bene di segnalare una luminosa scoperta che venne fatta all' occasione dell' eclissi del 18 Agosto p. p.

In questi ultimi anni gli astronomi si sono molto occupati di determinare la vera natura fisica del sole; ma i progressi fatti in questo ramo sono stati troppo lenti forse perchè le occasioni per bene osservare il sole erano troppo rare, voglio dire le eclissi totali.

Quest' anno si attendeva molto dall' osservazione dell'eclissi che doveva aver luogo nell' Indo-China specialmente sulla natura fisica delle protuberanze rosee che stanno quali fiamme attorno al sole e che non si vedono se non durante le eclissi totali.

Or bene, la scoperta che venne fatta è di aver trovato il modo di osservare le protuberanze rosee in qualunque bella giornata dell' anno, senza bisogno quindi dell' eclissi.

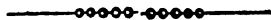
Il sig. Janssen che si trovava nella penisola di Malacca vide, nel momento dopo dell' eclissi totale (1), due belle protuberanze di cui una di uno splendore straordinario. Analizzata la luce di esse collo spettroscopio vide che lo spettro era composto di un piccolo numero di strie luminose molto brillanti

(1) *Le Moniteur universel* 25 Octobre — e *Comptes rendus* etc. 26 Oct. 1868.

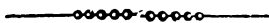
che corrispondevano, in quanto alla posizione, ad alcune delle principali strie oscure dello spettro solare. Il sig. Janssen ne deduceva quindi che le protuberanze erano di natura gassosa e, per la posizione relativa di quelle linee luminose, che dovevano essere per la massima parte costituite da gas idrogeno.

Se adunque — cercando attorno al disco solare in tempi ordinari — si vedranno delle strie brillanti al posto delle strié oscure, là vi sarà una protuberanza gassosa. Il giorno appresso all'eclissi infatti il sig. Janssen ha osservato per tutta la giornata le protuberanze attorno al sole e vide che quelle esaminate durante l'eclissi erano così modificate da rinvenirne appena le tracce. Seguendo poi le modificazioni cui andavano soggette le protuberanze, il sig. Janssen ha potuto constatare per 17 giorni continui che queste immense masse gassose variano rapidamente di forma e di posizione, spesso anche in pochi minuti di tempo.

Intanto che il sig. Janssen studiava le protuberanze di pieno giorno nella penisola di Malacca, il sig. Lockyer, astronomo inglese — visti i dispacci di Janssen, di Rayet, di Herschel, di Tennant, e di altri, i quali affermavano tutti d'aver visto chi due, chi tre e più strie brillanti — cercò fuori del disco solare se si potessero vedere tali strie e, nulla sapendo della scoperta di Janssen, il giorno 20 Ottobre gli riuscì di scorgerle. Ma il sig. Lockyer studiava da tempo il quesito di osservare lo spettro dei veli rosei che spesso si vedono proiettati sulle macchie solari; tuttavia questi studi intrapresi fino dal 1866 non furono mai coronati di buon successo. Ora l'eclissi del 18 Agosto procurò al sig. Lockyer l'occasione di realizzare la sua idea da due anni vagheggiata.

Il sig. Lockyer e il sig. Janssen si devono pertanto considerare entrambi come inventori del metodo di osservare le protuberanze rosee in qualunque giornata serena.

CANNELLO AD ARIA PER GLI ASSAGGI MINERALOGICI; DI MASSIMO LEVI DA VERCELLI.

L'impiego del fiato all'alimentazione del cannello ferruminatorio presenta varii gravissimi inconvenienti. Primieramente: è impossibile mandare per un certo tempo un getto d'aria non interrotto — è pure impossibile ottenere un getto di sempre egual forza: poi quest'aria oltre ad essere satura d'umidità, contiene gran quantità d'acido carbonico proveniente dalla respirazione, che, come si sa, è affatto improprio alla combustione.

L'apparecchio semplicissimo che io propongo toglie affatto questo inconveniente. Esso consiste in un gazometro, pieno d'aria al cui robinetto laterale si unisce un tubo ad U contenenti frammenti di potassa caustica, che assorbisce l'umidità di cui resta impregnata l'aria all'uscire del gazometro, e la piccola quantità d'acido carbonico ch'essa contiene; al detto tubo ricurvo s'aggiunge con un budello di gomma elastica abbastanza lungo un tubo di ottone munito al centro di un robinetto, e all'estremità capillare d'una punta di platino munita d'un piccolissimo foro: questo tubo serve a proiettare l'aria nella fiamma. I principali vantaggi che presenta quest'apparecchio, oltre alla disseccazione e purificazione dell'aria, sono questi: si può per molto tempo mandare un getto non interrotto e di forza costante: si può aumentare la forza del getto; e si può sostituire a volontà l'ossigeno all'aria atmosferica.

DELLA POLISIMMETRIA E DEL POLIMORFISMO DEI CRISTALLI; MEMORIA SECONDA PER ARCANGELO SCACCHI (1).

D' altronde, se attentamente si considerano le parti prominenti dei nuovi cristallini, si scuoprirà una importantissima condizione che rende il fenomeno assai più ammirevole di quel che poteva sembrare a primo aspetto. Dappoichè tutti i cristallini prominenti sul lato sinistro hanno superiormente le facce r, (*fig.* 32), ed inferiormente le facce q più piccole, al contrario dei cristallini prominenti sul lato destro che hanno superiormente le facce q ed inferiormente le facce r. Questa condizione acquista ancora maggiore importanza dal perchè la riferita disposizione delle faccette q ed r è propria dei soli cristalli di paratartrato nati dal metamorfismo del destro tartrato acido ammonico, quale appunto era il gruppo cristallino che ha servito di modello alla figura 32. Ed i cristallini di paratartrato che nascono dalla trasformazione dei cristalli di levo tartrato acido ammonico hanno invece le faccette q ed r inversamente allogate, trovandosi le facce r inferiormente nei cristallini ordinati sul lato sinistro, e superiormente nei cristallini del lato destro.

Se si fa progredire per molto tempo l' ingrandimento dei cristallini che costituiscono il gruppo in forma di buccia nati

(1) *Continuazione.* Vedi pag. 313.

pel metamorfismo, sarà facile trovare qualche cristallino del lato sinistro che siasi congiunto con altro del lato destro in guisa da formare, almeno in apparenza, un solo cristallo senza potersi distinguere il limite tra la parte destra e la sinistra; e la forma che deriva da tale unione è quale vedesi figurata al numero 30, **a**, **b**. La medesima forma, tranne qualche differenza di nessun valore nella estensione delle facce della medesima specie, si otterrà allorquando distaccato dal gruppo qualche cristallino lo si faccia ingrandire isolatamente nella medesima soluzione. Più il cristallino distaccato conserverà della parte con la quale era impiantato al gruppo, meglio riuscirà distinta la forma che acquisterà dopo l' ingrandimento.

Nella medesima figura 30 **a**, **b** si osservano le facce *h* incontrarsi con angoli diedri prominenti in entrambe le estremità opposte del cristallo, ed accompagnate dalle faccette curve e rugose x, x'; la qual cosa si è pure notata nei cristalli di paratartrato acido potassico, (*fig.* 29) **a**, **b** che nascono pel metamorfismo dei tartrati acidi della medesima base. Ma nei cristalli del sale potassico le facce *q* al numero otto, e forse anche le faccette *r*, le ho trovate ripetersi su tutti gli angoli della faccia A e della faccia A′ posteriore; mentre nei cristalli del sale ammonico le facce *q* ed *r*, quattro per ciascuna specie, si trovano soltanto negli angoli alterni della faccia A e della opposta A′. Quindi è che i cristalli gemini di paratartrato acido ammonico nati per metamorfismo hanno in tutto la forma di cristalli ortogonali emiedrici; tanto più notevoli in quanto che la loro emiedria, siccome innanzi si è dichiarato, sarà in un verso che dir potremo destrorso, (*fig.* 30, 32), se essi nascono dal destro tartrato acido ammonico, e sarà nel verso contrario, ovvero sinistrorso se nascono dal levo tartrato. Forse la differenza tra i cristalli metamorfizzati del sale ammonico e quelli del sale potassico consiste soltanto nell' essere la riferita disposizione emiedrica delle facce *q* ed *r* più distinta nei primi che nei secondi; tanto più che nei cristalli di paratartrato acido potassico, che abbiam veduto prodursi nelle soluzioni del levo e destro tartrato acido potassico mescolati in parti disugali, (*fig.* 27, 28, 33), le facce *p*, *q*, *r*, *s* si trovano ubbidire più o meno rigorosamente alla medesima legge di emiedria.

Discorrendo dei cristalli rappresentati dalle figure 27, 28, 29, 35, 37 pag. 346, 352 si è dimostrato come essi sono cristalli gemini di complicatissima struttura, e gemini ancora debbono considerarsi i cristalli del sale ammoniacale che veggonsi figurati col numero 30. La vera struttura dei medesimi cristalli mi si è manifestata in modo evidente in uno esperimento nel quale ho immerso nella soluzione di paratartrato acido ammonico quantità quasi eguali dei cristalli di levo e di destro tartrato acido ammonico. Trascorsi tre giorni, mentre la loro trasformazione ha lentamente progredito in coppa chiusa, ho trovato sparsi nel fondo della coppa alquanti piccoli cristalli isolati generatisi dopo la immersione dei cristalli dei tartrati acidi, la cui forma è stata fedelmente figurata nei numeri 38 e 39. Sotto il numero 39 il cristallo è rappresentato con la faccia AA′ parallela al piano di proiezione, e sotto il numero 38 con la faccia AA′ perpendicolare al medesimo piano: le linee composte di trattolini segnano il confine tra il cristallo di sinistra e quello di dritta, mentre le lettere semplici dinotano le facce del primo, e le lettere con apice dinotano le facce del secondo cristallo. Tranne gli angoli diedri rientranti nei quali s' incontrano *i′* con *f*, ed *f′* con *i*, le altre facce s' incontrano o stando nel medesimo piano, come A con A′, ovvero formano angoli diedri prominenti, come *r* con *h′*, *h* con *r′* ed *h* con *h′*. Quindi è chiaro come i due cristalli s' incastrano scambievolmente, e come la loro unione, soppressi gli angoli rientranti *i′ f*, *f′ i*, danno la medesima forma rappresentata con la figura 30, **a**, **b**.

Siccome nel gruppo gemino della figura 39 le facce *r*, *r′* si trovano a sinistra superiormente ed a destra inferiormente, egli è facile intendere che se il cristallo C A fosse allogato a destra, e l' altro A′ C′ a sinistra, si troverebbero le facce *r* superiormente a destra ed inferiormente a sinistra. Questa seconda varietà della scambievole posizione dei due cristalli componenti il gruppo gemino l' ho pure osservato tra i cristallini solitarii depositati nel medesimo liquore. E dietro ciò che si è innanzi dichiarato della differenza tra i cristalli gemini di paratartrato secondo che nascano dal metamorfismo del levo o destro tartrato acido ammonico, parmi potersi conchiudere che anche le due varietà dei cristallini isolati derivino ciascuna dalla corri-

spondente specie di tartrato i cui cristalli sono stati esposti a trasformarsi.

Da ultimo fa d' uopo avvertire non essere frequente il caso di cristalli nei quali la disposizione delle facce sia così chiara e facile a riconoscere come nella figura 39 si scorge rappresentata. Spesso, come è naturale, un cristallo variamente si estende in confronto dell' altro, per la quale sproporzionata estensione avviene tal fiata che si smarrisce ogni guida che valga a fare intendere le scambievoli posizioni dei due cristallini. Mi è pure avvenuto che rimettendo nelle acque madri alquanti dei cristalli gemini simili a quello disegnato con la medesima figura 39 , per averli più distinti giunti a maggiore grandezza, ho trovato invece, dopo alquanti giorni, uno dei due cristallini componenti il gruppo quasi del tutto scomparso, probabilmente per essere stato dall' altro di molto superato in grandezza.

Cristalli che si hanno dalle soluzioni del levo e del destro tartrato acido ammonico mescolati in varie proporzioni. — Quando nelle soluzioni di ciascuna delle specie dei tartrati acidi ammonici vi è piccolissima parte, circa un centesimo, dell' altra specie, i cristalli che si producono hanno particolar forma che li fa distinguere dagli ordinari cristalli generati nelle pure soluzioni, sia del levo sia del destro tartrato. Essi sogliono essere allargati nelle direzioni degli assi *b* e *c*, compressi nel verso dell' asse *a*, e sopra tutto notevoli perchè ciascun cristallo sembra composto di minori cristalli tutti allo stesso modo allogati, e gli uni agli altri congiunti per le facce A, (*fig.* 1), e con le estremità corrispondenti alle facce C, C' che variamente si prolungano a destra ed a sinistra. La figura 32, che rappresenta un gruppo di cristalli di paratartrato acido ammonico nati per metamorfismo, può servire a far comprendere come sono aggruppati in uno i cristallini dei tartrati acidi ammonici che si hanno dalle soluzioni in cui ad una delle due specie trovasi mescolata piccola quantità dell' altra specie. Quando ad una delle due specie ho mescolato circa il cinquantesimo dell' altra specie, ho pure avuto cristalli della specie preponderante formati di minori cristallini aggruppati, e con questo di particolare che le estremità libere dei cristallini che vanno ad allo-

garsi da ciascuna banda si ripiegano verso la faccia A, divergendo dalle facce C, C'. In questi cristalli aggruppati son poi di parere che si contenga un po' di paratartrato acido ammonico, perchè nelle cristallizzazioni fatte con le riferite proporzioni non ho mai ottenuto i cristalli del paratartrato; e quando con la medesima soluzione ripetutamente concentrata ho dato luogo alla formazione di diversi depositi cristallini, nei successivi depositi la forma dei cristalli è divenuta man mano più semplice sino a somigliare quella dei cristalli che sogliono depositare le soluzioni di ciascuna specie pura.

Negli esperimenti fatti col mescolare in quantità diverse, non molto dispari, i due tartrati acidi ammonici, ho incontrato difficoltà grandissima ad avere i cristalli del paratartrato di forma ben definita; e la difficoltà è stata di tanto maggiore per quanto una specie soprabbondava in rapporto all' altra. Le proporzioni adoperate nei saggi eseguiti sono state di 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 10. Con quest' ultima proporzione di un gramma di levo tartrato e dieci di destro tartrato, le molte volte, avendo tentato di avere cristalli dalle soluzioni portate a diverso grado di concentramento e riposte in coppe chiuse, non ho mai avuto altro che minutissimi cristalli in gran copia, alcuni solitari, altri congiunti in piccoli gruppi raggiati. Siccome abbandonando il liquore alla spontanea evaporazione le muffe lo avrebbero guasto prima che i cristallini depositati si fossero discretamente ingranditi, così ho decantato e concentrato alquanto la soluzione col bollimento, e giunta poi a circa 40°, l' ho versata sul deposito cristallino. Con questa operazione più volte ripetuta, se mi è riuscito di fare ingrandire i cristallini depositati, non ho potuto ottenere maggior nitidezza nelle loro forme, che han continuato a rimanere confuse. E soltanto dal paragonare il loro aspetto con le forme più distinte avute negli altri esperimenti, ho potuto riferirli al paratartrato acido ammonico. Ne ho avuto in seguito maggiore certezza per le nitide forme che mi han dato dopo averli disciolti a parte con acqua stillata.

Intanto questo fatto serve a provare una straordinaria difficoltà a cristallizzare che il paratartrato acido ammonico incontra quando nella sua soluzione si trova disciolto in gran copia uno dei due tartrati acidi della medesima base.

Quando nel precedente esperimento i cristalli del paratartrato depositati son giunti a pesare gr. 1,674, non potendo essi per la confusione delle loro forme servire ad esaminare il metamorfismo che ne sarebbe conseguitato continuando a farli ingrandire nelle acque madri, li ho messi da banda, ed ho concentrato di circa un quarto il liquore decantato. Sottraendo dalla quantità dei sali adoperati nel principio dell' operazione gr. 1,674 di paratartrato acido ammonico, il residuo rimasto disciolto nel liquore decantato si trova esser formato di gr. 0,163 di levo tartrato, e di gr. 9,163 di destro tartrato; ovvero il primo sta al secondo nel rapporto di 1 : 56. Con questa proporzione tra le due specie di tartrati i cristalli depositati dal liquore concentrato sono stati di destro tartrato acido ammonico di forma complessa, risultando ciascun cristallo, come si è detto di sopra, di altri minori cristallini aggruppati e congiunti per le facce A, (*fig.* 1).

Per le altre mescolanze delle due specie in proporzioni meno disparate ho avuto da prima la produzione dei cristalli di paratartrato acido ammonico che, operando con le precauzioni suggerite dalla pratica, son giunto ad avere discretamente ingranditi e di forme ben definite. Quindi, continuando il loro ingrandimento, sono giunto ad ottenerli investiti dai cristalli dei tartrati acidi ammonici allo stesso modo che in casi simili abbiam veduto per le mescolanze dei tartrati acidi potassici, tranne piccole differenze che non sono di alcuna importanza.

Va ricordato intanto un fatto che ho avuto occasione di osservare nel fare questi esperimenti, a riguardo della diversa maniera d' impiantarsi i cristalli di paratartrato acido ammonico secondo il variare delle mescolanze contenute nel liquore in cui essi si generano. Quando i due tartrati acidi ammonici sono mescolati in quantità eguali, e però può ritenersi disciolto il puro paratartrato, i cristalli, che talvolta si depositano aggruppati insieme, si congiungono per una delle parti corrispondenti alle estremità dell'asse *b*, ed il piano di divergenza passa per gli assi *a* e *b*. Se poi nella soluzione si trova eccedente uno dei tartrati, allora i cristalli riescono bislunghi nel verso dell' asse *c*, assai spesso si congiungono in gruppi raggiati, ed il punto pel quale scambievolmente si attaccano corrisponde sempre ad una

delle facce C, C'. Ci ha pure da considerare che i cristalli di paratartrato acido ammonico essendo monoclini, allogandoli in una determinata posizione, come quella rappresentata dalla figura 6, le facce C, C' sono sempre l'una dall'altra distinte; talchè ci ha un mezzo facile di differenziare la faccia C di sinistra dalla faccia C' di dritta. Egli è poi ammirevole non essere indifferentemente all'una o all'altra delle facce C, C' che corrisponde il punto pel quale i cristalli s'impiantano. Nei cristalli depositati con le mescolanze delle due specie dei tartrati nel rapporto di 1 : 2 e di 1 : 3, avendoli ottenuti con faccette nitide per poter definire le loro forme con misure goniometriche, mi sono assicurato che quando nella soluzione del paratartrato si conteneva altresì il levo tartrato i cristalli s'impiantavano e si congiungevano per la faccia sinistra C; ed al contrario soprabbondando il destro tartrato i cristalli s'impiantavano per la faccia C' del lato destro.

Negli esperimenti eseguiti per trasformare i cristalli dei tartrati acidi ammonici in cristalli di paratartrato, avendo immerso nella soluzione del paratartrato sì quelli del levo che del destro tartrato, si è veduto sopra, come questi restino disciolti, e quali particolari forme di cristalli gemini appartenenti al paratartrato acido ammonico si generino. In tal caso non avendo curato tener conto del peso rispettivo dei cristalli immersi, ha dovuto avvenire che uno dei due tartrati siasi trovato disciolto in quantità maggiore dell'altro. Avendo di più voluto sperimentare come proceda nella medesima soluzione l'ingrandimento dei cristalli non geminati di paratartrato acido ammonico, ne ho immersi alcuni della forma disegnata nella figura 33, e questi, trascorsi sette giorni, li ho trovati, come si scorge nella figura 34, con le facce del lato sinistro divenute convesse e rugose ed assai diverse da quelle del lato destro. Questa specie di emiedria non dubito punto che vada connessa col fatto innanzi detto dell'impiantarsi i cristalli in date condizioni costantemente con una faccia C determinata. Anzi considero il fatto dell'impiantarsi i cristalli con la faccia C di sinistra e non con la faccia C' di diritta, o viceversa, come una vera emiedria. Quindi è da ritenere che i cristalli monoclini di paratartrato acido ammonico generati in soluzioni di puro para-

tartrato non siano emiedrici; generati in soluzione che contenga disciolto il levo tartrato unito al paratartrato siano emiedrici in un senso; e finalmente generati in soluzione col destro tartrato siano emiedrici in senso opposto.

Considerazioni intorno alla polisimmetria dei tartrati acidi di potassa o di ammonio. Dalle cose fin quì esposte sopra i tartrati e paratartrati acidi di potassa e di ammonio emergono spontanee diverse considerazioni e sull' indole della loro chimica composizione, ed a riguardo dei loro caratteri cristallografici. Sotto entrambi questi rapporti tra i levo tartrati apparisce maggior differenza di quella che per le precedenti conoscenze si poteva argomentare, ed al contrario i paratartrati si trovano più ravvicinati ai levo e destro tartrati.

La differenza cristallografica tra i tartrati ed i paratartrati che si è dimostrato non esser altro che un fenomeno di polisimmetria, come la differenza tra i levo ed i destro tartrati; il metamorfismo che in tutti i casi si è trovato avvenire con la medesima facilità, e con i medesimi particolari sia tra i levo tartrati ed i destro tartrati, sia tra i paratartrati e ciascuna specie di tartrato, lasciano intravedere che tra i tartrati ed i paratartrati vi possa essere quella stessa analogia di aggregazione molecolare che intercede tra i levo ed i destro tartrati, o in altri termini che tra i levo e destro tartrati vi possa essere quella medesima differenza che passa tra un paratartrato e ciascuna specie di tartrato. D' altra parte il fatto che l'acido paratartrico si genera dall' unione in parti eguali degli acidi levo e destro tartarico, e può novellamente scindersi nelle due specie di acidi che lo hanno prodotto, guida alla naturale conseguenza che nella sua costituzione molecolare si trovino combinati due gruppi di molecole, e che però in esso vi sia un ordine di composizione chimica ben diverso da quello di ciascun acido tartarico. Dopo aver preso nota delle conclusioni in certo modo contradittorie che si hanno da una parte per i riferiti esperimenti cristallografici, e dalla parte opposta per il fatto della genesi dell' acido paratartrico, non tenterò di conciliarle insieme, temendo di far cosa vana per la ignoranza in cui siamo dell' intima costituzione molecolare di qualsivoglia corpo.

Uno dei fatti che reputo meritare particolar considerazione

nei cristalli dei tartrati è la loro emiedria; e non è senza interesse il cercare qual sia l'importanza, quale il valore che dobbiamo attribuire a questo carattere. Nel 1855 (1) ho pubblicato alcune ricerche sperimentali intorno alla emiedria per le quali ho conchiuso che moltissime specie di cristalli, e forse tutte, in particolari condizioni sono capaci di emiedria; che le principali cagioni che fanno comparire o scomparire la emiedria, o anche fanno cambiare il genere di emiedria, sono *il tempo più o meno rapido con cui si esegue l' accozzamento delle molecole*, e la presenza delle sostanze eterogenee nelle soluzioni in cui si producono i cristalli. Secondo queste deduzioni l'emiedria non sarebbe un fatto di gran valore per dinotarci una particolare maniera di composizione chimica dei cristalli, non essendo inerente alla loro natura, ma derivando dalle condizioni nelle quali gli stessi cristalli si sono formati. Intanto per i tartrati l'emiedria sembra un fatto di altra natura; essa potrebbe reputarsi un carattere inerente alla loro chimica composizione, e riguardarsi come un fenomeno molto affine alla polisimmetria, ove si consideri ch'essa si manifesta in un senso per i levo tartrati ed in senso opposto per i destro tartrati, e che con la trasformazione scambievole delle due specie di tartrati si muta l' emiedria nella medesima guisa che per la trasformazione scambievole dei tartrati e dei paratartrati si muta ciò che dicesi sistema di cristallizzazione.

Se ben si consideri la differenza di un cristallo di levo tartrato posto a riscontro con un altro di destro tartrato, si ha per le loro forme che essi sono terminati dalle stesse facce, con gli angoli diedri della medesima specie nell' uno e nell' altro esattamente eguali, e soltanto diversi per il senso della loro emiedria. Si ha poi per altre loro qualità una importante e costante differenza nel carattere delle loro soluzioni che deviano a dritta o a sinistra il piano di polarizzazione della luce secondo che appartengono all' una o all' altra specie di tartrato; ed un' altra differenza ancor essa molto notevole si è innanzi mostrata per la solubilità dei cristalli di una specie nelle so-

(1) *Ricerche intorno ai cristalli emiedrici* per A. Scacchi. *Nuovo Cimento*, Aprile 1855.

luzioni sature dell'altra specie di tartrato. Quindi è che il carattere della loro diversa emiedria che troviamo convenire puntualmente con queste altre differenze sembra essere una qualità derivante dalla diversa costituzione molecolare di ciascuna specie di tartrato, non altrimenti che il diverso rapporto delle lunghezze degli assi cristallografici, e le diverse inclinazioni dei medesimi assi dipendono dalla composizione chimica di ciascuna sostanza.

Nondimeno per i risultamenti di altre esperienze si ha che la riferita importanza della emiedria e lo stretto suo legame con la composizione dei cristalli potrebbe essere piuttosto appariscente che reale. Non ricorderò la mutabilità della emiedria del bitartrato ammonico ordinario, (pag. 322 e segg.) non essendomi riuscito trovare la cagione che la produca; ma due altri fatti precedentemente menzionati dimostrano che la emiedria dei tartrati può invertirsi, e che le soluzioni dei tartrati hanno una maravigliosa virtù di rendere emiedrici anche i cristalli dei paratartrati. Si è veduto sopra, che i cristalli dei tartrati acidi ammonici generati nelle soluzioni che contengono il citrato sodico presentano il carattere della emiedria invertito senza essersi nulla mutato della propria natura dei cristalli; i quali se s'immergono in una soluzione pura della specie di tartrato acido ammonico identica a quella dei cristalli, con l'ingrandirsi dei medesimi, si cambia in essi il senso della emiedria, restituendosi alla condizione normale. Si è pure veduto che i cristalli di paratartrato acido ammonico, che non sono di loro natura emiedrici, diventano emiedrici nelle soluzioni dei tartrati acidi ammonici, e presentano l'una o l'altra delle due contrarie emiedrie secondo che nel liquore sia disciolto il levo o il destro tartrato. A questi due fatti potrei anche aggiungere il fenomeno di emiedria che in taluni casi si manifesta nei cristalli gemini dei paratartrati, ancor essa in senso variabile secondo la specie più abbondante di tartrato disciolto nel liquore. Egli è poi facile intendere come per i ricordati fatti l'emiedria dei cristalli dei tartrati potrebbe ancor essa non essere qualità inerente alla loro propria natura, ma essere invece effetto della virtù che ha di agire sopra i cristalli la soluzione nella quale essi si producono e s'ingrandiscono.

Se non vi fossero altri fatti da opporre a questi ora menzionati, ne seguirebbe che l'emiedria dei cristalli dei tartrati sarebbe un fenomeno accidentale da non compararsi al diverso tipo di forma delle sostanze polisimmetriche; che tra i levo ed i destro tartrati intercederebbe una differenza analoga a quella che si rinviene tra i due modi di essere delle sostanze polisimmetriche senza che tal differenza influisca sulla forma dei cristalli; che in fine le soluzioni dei levo tartrati e dei destro tartrati avessero, oltre la virtù di far deviare il piano di polarizzazione della luce a sinistra o a destra, anche l'altra di produrre nei cristalli che in esse si formano una emiedria sinistrorsa o destrorsa.

Queste deduzioni poi sono contraddette dal fatto già noto che nelle soluzioni di paratartrato sodico-ammonico, o sodico-potassico, si producono ad un tempo i cristalli dei corrispondenti levo tartrati e destro tartrati gli uni con emiedria contraria a quella degli altri. Se la emiedria non fosse qualità propria dei cristalli, e derivasse da particolare maniera di agire delle soluzioni, è manifesto che in questo caso i cristalli non dovrebbero essere emiedrici.

Esposte le contrarie conclusioni alle quali si perviene per i fatti sino al presente conosciuti intorno alla importanza del carattere della emiedria nei cristalli dei tartrati, stimo non potersi per ora affermare quale di esse all'altra prevalga.

Darò termine a queste considerazioni ritornando sul fatto che i cristallini dei paratartrati acidi di potassa e di ammonio che nascono pel metamorfismo dei corrispondenti tartrati sono sempre gemini. I cristalli dei medesimi paratartrati che si hanno con i metodi ordinari dalle loro soluzioni pure, assai di raro sono gemini, talchè questa invariabile condizione dei cristalli che nascono per metamorfismo deve reputarsi provvenire da una particolare influenza che esercitano i cristalli dei tartrati sulle molecole de' paratartrati, obbligandole a seguire la legge della geminazione. Tale influenza potrebbe attribuirsi alla soluzione del tartrato, perchè si è veduto come la parte superficiale dei cristalli dei tartrati immersi nelle soluzioni dei paratartrati si solve; e però il liquore che circonda i cristalli immersi, e nel quale si generano i novelli cristallini del para-

tartrato, contiene sempre disciolto un po' di tartrato. Nondimeno reputo la causa della geminazione emanare dei cristalli del tartrato, dappoichè certamente da questi deriva l'altro fatto, intimamente connesso alla geminazione, che i cristallini gemini del paratartrato sono sempre impiantati sul cristallo del tartrato per la parte ove s' incontrano con angolo diedro rientrante le facce $h'h'$, (*fig.* 12), o, ciò che vale lo stesso, per la parte ove s' incontrano con angolo prominente le facce $\beta\ \beta'$.

Quanto al rinvenirsi i cristalli semplici o geminati, sia nelle produzioni naturali come nelle artificiali, possiamo stabilire tre casi principali:

1. Sostanze i cui cristalli non si conoscono altrimenti che semplici (leucite, solfato di magnesia).

2. Sostanze i cui cristalli si producono nelle medesime condizioni e semplici e geminati ad un tempo (solfato potassico, nitrato di stronziana).

3. Sostanze i cui cristalli in talune condizioni son tutti semplici, in altre condizioni son tutti gemini, e tutti con la medesima specie di geminazione se la sostanza si gemina in diverse maniere (calcite, fluorina).

Quest' ultimo caso è di tutti il più notevole, e sarebbe maggiore la sua importanza per le investigazioni cristallografiche se potessimo determinare le condizioni particolari nelle quali si generano cristalli ora semplici ed ora gemini, e quando con l'una o con l'altra maniera di geminazione. Ma nelle produzioni artificiali, per le quali ci è dato conoscere e regolare a nostro piacimento le condizioni in cui si generano i cristalli, tranne il riferito esempio dei cristalli di paratartrato acido potassico o ammonico nati per metamorfismo, non mi sono imbattuto in altra sostanza per la quale mi fosse riuscito avere cristalli semplici o geminati in condizioni ben definite. E soltanto potrei recare diversi esempii nei quali più o meno chiaramente mi è avvenuto osservare essere più frequente e più facile la comparsa dei cristalli semplici nelle lente cristallizzazioni, ed al contrario nelle cristallizzazioni rapide aversi maggior copia di cristalli gemini.

Finalmente quanto alla posizione relativa dei cristalli dei paratartrati e dei tartrati nel loro scambievole metamorfismo,

importa notare le tre seguenti condizioni: 1. che l'asse della zona AC (*fig.* 6-9), dei primi coincide con l'asse della zona AC, (*fig.* 1-5), dei secondi; 2. che tutti gli spigoli dei primi sono rispettivamente paralleli agli spigoli dei secondi nelle zone in cui si trova compresa la faccia A; e 3. che gli spigoli dei primi non sono paralleli agli spigoli dei secondi nelle zone in cui si trova compresa la faccia C, a meno che non vi sia pure compresa la faccia A.

Confronto tra i cristalli del paratartrato acido di soda e dei tartrati acidi di soda. — Nella precedente Memoria sulla polisimmetria ho mostrato che i cristalli di paratartrato acido di soda sono polisimmetrici, riferendosi le loro forme quando al sistema triclinoedrico e quando all'ortogonale; ed in quest' ultimo caso sono dotati di tale emiedria che potrebbero ancora considerarsi come cristalli monoclini. Nella figura 15 è rappresentato un cristallo triclino con la faccia β parallela al piano di proiezione, e nella figura 16 lo stesso cristallo è rappresentato con le facce C, u, v, x, β perpendicolari al piano di proiezione. Dell'altra specie la forma è figurata sotto il numero 17, anche con le facce C, u, v, x, β perpendicolari al piano di proiezione. Essendovi clivaggio nitidissimo parallelo alle facce C di entrambe le due specie di forme, riterremo che le medesime facce siano identiche in entrambe, e potranno servire come punto di partenza nel definire l'analogia delle diverse facce che sono nell'una e nell'altra forma. L'analogia poi tra le facce contrassegnate dalle medesime lettere nei cristalli triclini ed ortogononali è dimostrata dall'avere esse negli uni e negli altri eguali inclinazioni sopra C (1), tranne le piccole differenze che sono inferiori a quelle che di necessità si rinvengono nelle misure goniometriche delle facce che sono di loro natura più dell'ordinario poliedriche. Paragonando poi le facce A, l, n dei cristalli ortogonali, non è possibile stabilire alcuna analogia tra le prime e qualcuna delle seconde. Lo spigolo Cu dei cristalli triclini è inclinato allo spigolo Cx di 112°59'; nei cristalli ortogonali lo spigolo Cu è inclinato sullo spigolo Cl di 90°0', e sullo spigolo Cn, supponendo la faccia n prolungata, di 140°42'.

(1) Veggasi il quadro che verrà in seguito.

Gli angoli formati da questi spigoli danno la misura delle inclinazioni dei piani delle zone $C\alpha\lambda$, ClA, Cn sul piano della zona $Cux\beta v$, comune ai due tipi di forme, e la grande differenza nei riferiti valori angolari esclude ogni analogia.

Ho ricercato pure se allogando la faccia α o λ dei cristalli triclini nei cristalli ortogonali inclinate sopra C e sopra *u* come lo sono sopra le analoghe facce dei cristalli triclini, esse incontrassero gli assi ortogonali *a*, *b*, *c* a tali proporzionali distanze da soddisfare alle leggi cristallografiche. E ritenendo l'asse *a* eguale all' unità, ho trovato :

per la faccia α . . . . $a:b:c=1:2{,}3578:1{,}1847$
per la faccia λ . . . . $a:b:c=1:2{,}2578:7{,}9548$
per la faccia *n* dei cristalli ortogonali $a:b:c=1:1{,}6830:2{,}9859$.

Come si scorge dal riferito rapporto tra gli assi *b* e *c* delle facce α e λ con gli assi *b* e *c* della faccia *n*, esso è tanto lontano dalle semplici proporzioni degli assi cristallografici per le facce di un medesimo cristallo che esclude la possibilità di trovarsi mai α e λ unite ad *n*.

Nella citata memoria si è dichiarato altresì che nessuna delle due specie di cristalli del paratartrato acido di soda si trasforma nell'altra; almeno non si è riuscito con alcun mezzo ad ottenerne la trasformazione diretta. Questo fatto non esclude dal novero delle sostanze polisimmetriche il paratartrato acido di soda; dappoichè la cagione del prodursi l' uno o l' altro tipo di forma non dipende da alcuna differenza nella composizione chimica della soluzione nella quale si genera ciascuna specie dei suoi cristalli. Egli è però che non si ha il mezzo sicuro di trasformare i cristalli di una specie mettendoli nelle condizioni che danno origine all' altra specie. La cagione, se non unica almeno principale, per la quale si ottengono ora cristalli triclini ed ora cristalli ortogonali dalle soluzioni del paratartrato acido di soda, consiste nel prodursi i cristalli con maggiore o minore rapidità; cagione affatto identica a quella per cui i cristalli di bitartrato di stronziana con quattro proporzionali di acqua sono talfiata triclini ed altre volte monoclini. Intanto si è veduto (1) che i

(1) *Della polisimmetria dei cristalli* per A. Scacchi, pag. 89 e segg.

cristalli triclini del bitartrato di stronziana si metamorfizzano spontaneamente anche fuori le soluzioni generatrici in cristalli monoclini, e non mai questi si trasformano in quelli. Quanto poi al paratartrato acido di soda si è pure veduto (1) che stando nella medesima soluzione i cristalli triclini generati in principio ed i cristalli ortogonali sopraggiunti in seguito, in progresso di tempo, mentre i secondi continuano ad ingrandirsi, i primi si solvono, e saturando col loro disfarsi la soluzione, favoriscono l'ingrandimento dei cristalli ortogonali. È questo il solo mezzo indiretto, e di non facile riuscita, per trasformare i cristalli del paratartrato acido di soda del tipo triclino in cristalli del tipo ortogonale; ed in nessun modo per gli esperimenti sino al presente eseguiti, si è giunto ad ottenere la trasformazione inversa.

Egli è però che le sostanze polisimmetriche, guardate dal lato della scambievole trasformazione dei cristalli di tipo diverso, offrono due casi ben distinti. Nel primo caso si trovano quelle sostanze per le quali il diverso tipo di forma cristallina deriva dalla composizione chimica della soluzione in cui si generano i cristalli; e potendo a nostro piacere far variare tale composizione, possiamo pure ottenere quella specie di forma che vogliamo, e la diretta trasformazione scambievole tra i cristalli che hanno diverso tipo di forma. In questo stesso caso si ha che i cristalli estratti dalle acque madri, o lasciati in soluzioni la cui composizione chimica non va soggetta a variare, sono del tutto stabili ed incapaci di metamorfismo spontaneo. Questa è la condizione del solfato potassico e del feldispato (ortosa ed albite) esaminati nella precedente Memoria, come pure dei tartrati acidi e del paratartrato acido di potassa o di ammonio, sia che i levo tartrati si paragonino con i destro tartrati, sia che gli uni e gli altri si paragonino con i paratartrati.

Nel secondo caso sono quelle sostanze per le quali il prodursi l'uno o l'altro tipo di forma provviene dalla maggiore o minore celerità con cui si producono i cristalli. Quindi è che possiamo a nostro piacimento, come nel precedente caso, ottenere l'una o l'altra specie di forma, ma non è in nostro po-

(1) La medesima Opera; pag. 104.

tere di variare queste condizioni in modo da applicarle efficacemente alla scambievole trasformazione dei cristalli di diverso tipo. In questo caso poi abbiamo che i cristalli generati con maggiore celerità non sono stabili, val quanto dire che sono capaci di trasformarsi spontaneamente nell altra specie di più lenta generazione. Il tartrato acido di stronziana con 4HO, ed il paratartrato acido di soda sono tra gli esempi di tal maniera di polisimmetria, ma con differenze di qualche importanza. Dappoichè nei cristalli del tartrato acido di stronziana la spontanea trasformazione si ottiene assai facilmente, sia dopo averli estratti dalle acque madri, sia nelle stesse acque madri senza che in esse intervenga alcun mutamento per la loro chimica composizione. Nel paratartrato acido di soda al contrario i cristalli triclini di più rapida formazione, se sono meno stabili dei cristalli ortogonali, la differenza non è così rilevante come nel sale di stronziana; e si riduce al solo fatto che stando riunite le due specie di cristalli nelle acque madri, in favorevoli condizioni, i cristalli triclini prima generati si solvono, mentre i cristalli ortogonali dal loro disfarsi ricevono gli elementi che servono ad ingrandirli. Tale essendo la piccola differenza di stabilità tra i cristalli di diverso tipo del paratartrato acido di soda, ne conseguita il difetto di opportune condizioni perchè la specie più stabile si potesse ottenere per diretta trasformazione dell'altra specie, e quindi verificarsi la legge del parallellismo delle facce analoghe dei cristalli di tipo diverso.

Dopo la pubblicazione della prima Memoria sulla polisimmetria, ritenendo possibile la spontanea trasformazione dei cristalli triclini del paratartrato acido di soda in condizioni più favorevoli di quelle che si hanno nell'ordinaria maniera di conservare i cristalli, ho tentato la pruova con qualche esperimento diretto a mantenere i cristalli triclini in un'atmosfera umida e più calda di quel che suol essere nella stagione estiva. Alla temperatura di circa 80° per molte ore sostenuta i cristalli non han patito cambiamento sensibile, ed anche variando l'esperimento in modi diversi non mi è riuscito osservare in essi alcun segno di metamorfismo.

Passando ora al paragone tra i cristalli di paratartrato acido di soda con quelli di levo o destro tartrato acido della

medesima base, l'analogia che avremmo dovuto attenderci di trovare dietro l'esempio degli altri tartrati paragonati con i paratartrati d'identica composizione chimica, è limitata a leggieri somiglianze le quali lasciano dubitare che vi sia alcuna analogia. Nelle figure 13 e 14 ho rappresentato due varietà dei cristalli di destro tartrato acido di soda, ovvero del bitartrato di soda ordinario. In essi vi è clivaggio distinto parallelo alla faccia C come per entrambi i tipi dei cristalli del paratartrato rappresentati nelle figure 15, 16, 17. Vi son pure le facce **u**, **v**, **x**, (*fig.* 13), disposte come le facce *u*, *v*, *x*, (*fig.* 16, 17); e la faccia **o**, (*fig.* 13), disposta come la faccia *l*, (*fig.* 17). Nondimeno le inclinazioni sopra C delle facce dei cristalli del bitartrato non sono tanto prossime a quelle delle facce indicate con le medesime lettere nei cristalli del paratartrato da poter conchiudere l'analogia delle prime con le seconde. Ciò apparirà chiaramente per le misure goniometriche riportate nel quadro qui aggiunto:

	PARATARTRATO acido di soda		TARTRATO acido di soda
	triclino fig. 15, 16	ortogonale fig. 17	fig. 13, 14
C sopra **u** =			148°34′
C » *u* =	143° 1′	142°44′	
C » *v* =	132 15	133 12	
C » **v** =			129 18
C » *x* =	118 42	119 24	
C » **x** =			112 15
C » *β* =	103 7	105 44	
C » *y* =		100 38	
C » *l* =		135 8(1)	
C » **o** =			123 49
C » **n** =			117 24
C » *n* =		106 3	

(1) Nella precedente memoria sulla polisimmetria, pag. 98, ho ritenuto l'inclinazione di *l* sopra C = 132′ 37′ che non si allontanava di molto dalla inclinazione rinvenuta con le misure dirette; ed in conseguenza di questa inclinazione ho adottato per la faccia *l* il simbolo alquanto complesso 4 0 11. Da recenti misure sopra cristalli più nitidi avendo avuto l'angolo che misura l'inclinazione di *l* sopra C prossimo a 135°, ho adottato per *l* il simbolo assai più semplice 1 0 3 dal quale si deduce il medesimo angolo = 135°8′.

Dalle precedenti misure non possiamo ritener dimostrata tra i cristalli del tartrato e del paratartrato quell' analogia ch' è propria delle forme di diverso tipo delle sostanze polisimmetriche; talchè ho stimato dovermi assicurare se realmente avessero la medesima composizione elementare. Avendo quindi determinato la quantità di soda contenuta in 100 parti di ciascuna specie, ho trovato pel bitartrato 16,15; pel paratartrato acido triclino 16,29 e pel paratartrato acido ortogonale 16,23. Secondo la formola $C^8H^5NaO^{12},2HO$ la quantità della soda sarebbe 16,30 per 100, e però non cade dubbio sulla identica quantità di acqua contenuta nelle tre specie di cristalli analizzate.

Difficili poi, e per nulla concludenti sono riusciti i tentativi fatti per metamorfizzare i cristalli del destro tartrato in paratartrato, o per ottenere il fenomeno inverso. Mi astengo quindi dall'esporre gli esperimenti fatti, dai quali debbo conchiudere di non conoscere ancora le vere relazioni cristallografiche dei tartrati acidi di soda.

Parte II.

Considerazioni sul polimorfismo,

Nella prima memoria sulla polisimmetria si trovano esposti alcuni esperimenti sul polimorfismo del solfato di nichelio con sei proporzionali di acqua, (pag. 105 e seguenti), e da questi esperimenti si deduce che i due fenomeni che ho distinto con i nomi di polissimmetria e di polimorfismo sono talvolta prodotti da analoghe cagioni.

Da una parte questa condizione che il polimorfismo non riconosce cagioni affatto distinte da quelle che producono la polisimmetria, e da un' altra parte la chimica composizione supposta identica nei cristalli polimorfi, mi han fatto supporre almeno la possibilità che tra le forme dei cristalli di tipo diverso delle sostanze polimorfe vi fosse un certo rapporto più complicato di quello che presentano i cristalli delle specie polisimmetriche. Egli è poi chiaro che il rapporto da me cercato non poteva esser quello ammesso da Pasteur nei cri-

stalli dimorfi e da me stesso reputato più illusorio che reale quando ho stabilito la differenza tra il polimorfismo e la polisimmetria. Quindi ho continuato a studiare questo argomento per meglio approfondirlo, ed ho stimato estendere le mie ricerche a quelle sostanze che per analogia di composizione dovremmo attenderci di rinvenirle isomorfe, e che pure si presentano dimorfe. Intanto per le nuove indagini che sono l'argomento di questa seconda parte della presente memoria ho acquistato opinione ben diversa da quella fin ora adottata sul dimorfismo; ed a dirla in breve ora son di avviso che le sostanze dimorfe nei cristalli di diverso sistema non abbiano la medesima composizione chimica, e che però non vi sia vero dimorfismo; o almeno la parola dimorfismo serve ad esprimere il diverso sistema di cristallizzazione tra le sostanze che per le chimiche analisi si mostrano identicamente composte e non tra quelle che abbiano realmente composizione in tutto identica.

I solfati che hanno per base un ossido del gruppo della magnesia ho reputato offrirmi una serie di composti opportuna ad essere studiata sotto questo rapporto. Abbiamo di fatto tre specie, i solfati di magnesia, di zinco e di nichelio con sette proporzionali di acqua le cui forme cristalline sono trimetriche ortogonali; e tre altre specie, i solfati di ferro, di manganese e di cobalto, ancor essi con sette proporzionali di acqua, ma con cristalli monoclini. Per questi solfati è d'uopo aver presente che si hanno in essi la riferita quantità di acqua, e quindi le riferite forme cristalline, quando le loro soluzioni sono neutre o poco acide, e quando la temperatura del liquore cristallizzante non oltrapassa di molto i trenta gradi. Dappoichè elevandosi il grado di calore, o soprabbondando nel liquore l'acido solforico, per ragioni assai facili ad intendere, si hanno cristallizzati i solfati delle medesime basi con minori proporzioni di acqua e che non sono più comparabili con i precedenti. Il solfato di manganese è pure notevole in paragone degli altri in quanto che per esso la temperie di nove o al più dieci gradi sopra zero basta per impedire la produzione dei cristalli con sette equivalenti di acqua; ed i cristalli monoclini già ottenuti al di sotto di

dieci gradi, posti all' asciutto a temperature di poco superiori, abbandonano porzione di acqua e, senza dar segno di fatescenza, si trasformano in gruppi di minuti cristalli triclini con cinque proporzionali di acqua. Di questi particolari del solfato di manganese si vedrà la importanza quando saremo ai solfati nella composizione dei quali si mescolano due ossidi che separatamente danno sali con forme cristalline tra loro diverse.

Anche più del solfato di manganese è importante la condizione del solfato di rame, dappoichè l' ossido di rame ha pure grande analogia con le basi dei solfati innanzi menzionati; e bastano a mostrarla l' isomorfismo tra il solfato di rame e quello di manganese, entrambi con cinque proporzionali di acqua, e l' isomorfismo dei solfati doppî che tutti i solfati degli ossidi precedenti, compreso il solfato di rame formano col solfato di ammonio. Intanto il solfato di rame, purchè sia puro, non dà mai cristalli con sette proporzionali di acqua. E siccome le temperature più basse sono quelle che favoriscono la produzione delle specie con maggiori proporzioni di acqua, ho tentato, senza potervi riuscire, di ottenere il solfato di rame con sette equivalenti di acqua facendolo cristallizzare alla temperie di sei gradi sotto zero.

In questo esperimento ho adoperato una soluzione del sale di rame nella quale si erano generati alquanti cristalli mentre la temperatura dell' ambiente era di circa 23°. Situato in una mescolanza di neve e sale il cristallizzatoio con la soluzione decantata, quando il termometro in esso immerso ha segnato undici gradi sopra zero, sono apparsi i primi cristalli assai minuti dell' ordinaria forma del solfato di rame. Giunto il raffreddamento a circa tre gradi sotto zero, ho tuffato nel liquore alquanti fili di cotone per esser sicuro che i cristalli su di essi aderenti, nel caso se ne fossero attaccati, non potevano esser generati prima che si fosse raggiunto questo abbassamento di temperatura. Il termometro ha continuato a segnare progressivo raffreddamento sino a — 6°, e dopo essere stato quasi stazionario per pochi minuti, son venuti a galla dal fondo della coppa molti fiocchetti di neve con qualche cristallino del sale di rame in essi impigliato. In

meno di un minuto dopo la prima apparizione dei fiocchetti la temperatura è salita e si è arrestata a — 2°,8. Quindi ho stimato inutile continuare l'esperienza con temperature più basse per l'impedimento alla cristallizzazione del sale di rame derivante dalla congelazione del liquore; e soltanto ho continuato per circa due ore a rinnovare la medesima mescolanza di neve e sale per dar tempo all'ingrandimento dei cristalli già cominciati a depositarsi. In queste due ore il termometro si è abbassato alquanto arrestandosi a — 3°,2, i fiocchi che ingombravano il liquore si sono in parte dileguati; e mentre aderente alle interne pareti laterali della coppa si è formata una fitta crosta di neve fibrosa di circa 10 millimetri, nel mezzo sino al fondo della medesima coppa la soluzione è rimasta limpida, talchè ho potuto distinguere il progressivo ingrandimento dei cristalli depositati in fondo o aderenti ai fili di cotone immersi nel liquore. La forma poi di questi cristalli ho trovato esser quella stessa del solfato di rame con cinque proporzionali di acqua. Quindi per questo saggio mi sono persuaso che il solfato di rame sia incapace di cristallizzare con sette proporzionali di acqua, almeno sino alla temperie di — 6°, e che a temperature più basse sia assai malagevole o forse impossibile di fare l'esperimento.

Nella figura 42 ho rappresentato la forma più frequente dei cristalli ortogonali dei solfati che hanno per base la magnesia, lo zinco, od il nichelio, e nell'altra figura 43 è disegnata la forma monoclina propria degli altri solfati che hanno per base il ferro, il cobalto o il manganese. Nel quadro seguente si leggono gli angoli che misurano le inclinazioni delle facce di ciascuna specie di cristallo secondo la diversa specie di ossido metallico che entra nella sua chimica composizione.

	Figura 42		
	MgO	ZnO	NiO
o sopra *o'* =	120° 4'	120° 6'	120° 29'
u » *u'* =	89 24	89 38	88 44
n » *u* =	129 3	129 5	128 38
n » *n'* =	126 46	126 52	126 58
n' » *n''* =	52 36	52 45	51 49

	Figura 43		
	FeO	CoO	MnO
A sopra B =	118° 1'	118° 8'	118° 12'
A » *m* =	119 3	118 51	119 10
A » *e* =	105 45	105 4	106 47
A » *u* =	105 9	105 21	104 43
A » *k* =	115 35	115 40	115 12
B » *f* =	159 7	159 24	158 30
B » *u* =	123 41	124 8	122 31
B » *k* =	101 47	101 47	101 36
B » *m* =	119 3	118 51	119 10
e » *m* =	123 56	124 1	123 23
e » *k* =	96 44	96 28	97 4
e » *u* =	66 23	66 51	67 39
C » *m* =	138 54	138 45	139 34

(continua)

CARLO MATTEUCCI

PER A. DE LA RIVE (*).

(*Archives des sciences phy. etc.* Genéve 1868).

Traduzione di I. GOLFARELLI.

È un amico che abbiamo perduto; un eccellente collega nella scienza, un collaboratore fedele ed affezionato del nostro Giornale. Carlo Matteucci è morto all' Ardenza nelle vicinanze di Livorno, ove egli erasi recato a ricuperare una salute molto vacillante, da qualche tempo. Ahimè, in così breve tempo, quante perdite crudeli e numerose siamo costretti a registrare per le scienze: sono i fisici specialmente, che la morte ha crudelmente decimati. Faraday, Foucault, Brewster, Plucker, Pouillet ci sono stati rapiti l' uno dopo l' altro in meno di un anno.

Quando Volta morì nel 1827, l' Italia perdeva in lui una delle glorie scientifiche le più pure e le più complete, che ella avesse giammai posseduto. Ma la sua successione non rimase lungo tempo vacante. Una generazione nuova sorse a continuare per l' Italia la tradizione brillante, che da Galileo a Volta non fu giammai interrotta. Fra tanti fisici insigni, che sursero allora, tre nomi primeggiano specialmente: Nobili, Melloni, Matteucci.

(*) Avrei io stesso qui parlato del Matteucci; ma molto più di un mio, uno scritto di un illustre fisico, poteva onorare in questo Giornale il Matteucci. Io dunque ora lascio interamente la parola al sig. A. De La Rive.

Riccardo Felici.

Già nel 1835 Nobili era rapito alla scienza che egli avea arricchita, e che prometteva di arricchire ancora di brillanti scoperte; Melloni poi, nel 1854 terminava anzi tempo una vita che egli avea onorata con lavori di prim'ordine sul calore; e Matteucci nel 1868 li seguiva entrambi alla tomba dopo una carriera un poco più lunga, ma egli pure in età sempre giovane, e nel pieno esercizio di tutte le sue facoltà. Questi tre uomini eminenti aveano questo di comune, l'avere affrontate le grandi quistioni della fisica, quelle cioè che promettevano un grande avvenire, invece di limitarsi a seguire le orme dei loro predecessori. È questo il carattere degli uomini di genio, di quelli che fanno veramente progredire la scienza, e del quale Faraday ci offre all'epoca attuale, il tipo il più perfetto.

I primi lavori di Matteucci rimontano al 1830; erano dessi alcune brevi notizie relative al calore e all'elettricità particolarmente. Ma dal 1834 in poi egli non tardò ad intraprendere delle ricerche considerevoli che egli seguì con ardore pari al successo, per lunghi anni, e che versarono specialmente su due soggetti distinti; cioè, sulla elettricità che io chiamerò *chimica*, e sulla elettricità *animale*.

Dopo qualche esitazione dovuta all' influenza della scuola italiana, che vantava dei caldi partigiani della teoria voltaica del contatto, egli adottò francamente la teoria chimica, e l'appoggiò con prove esperimentali di gran valore. Faraday avea scoperto, che una stessa corrente decompone i differenti elettroliti collocati l'uno dopo l'altro nel medesimo circuito, nei loro equivalenti chimici; ciò che egli avea chiamato *l'azione definita* della elettricità. Matteucci nel 1835 mostrò in una delle sue memorie principali, che il lavoro chimico interno della pila, è equivalente al suo lavoro esterno; e costruendo delle pile formate di molte coppie (dodici circa) con dei liquidi composti, di differente natura opposte le une alle altre, egli trovò, che i prodotti delle decomposizioni interne erano equivalenti a quelli d'un voltametro esterno che chiudeva il circuito. Questa generalizzazione della scoperta di Faraday era importantissima, giacchè essa provava la solidarietà completa, che esiste fra gli effetti chimici che avvengono nella pila stessa, e quelli che hanno luogo fra i poli. Più tardi egli studiò con cura il modo

di decomposizione dei composti differenti dai binari, che erano i soli dei quali Faraday si fosse occupato, e specialmente dei sali ed anche delle mescolanze di elettroliti, e la trovò sempre sottoposta alla legge di Faraday. Poi egli ritornò ancora nel 1844 e nel 1852 sulla produzione chimica dell'elettricità voltaica, ed in particolar modo sullo sviluppo dell'elettricità, in diverse combinazioni chimiche non ancora studiate sotto questo punto di vista. Io non faccio che indicare senza insistervi, le numerose ricerche sulla propagazione dell'elettricità nei liquidi, tanto continui che separati da diaframmi metallici in un gran numero di compartimenti, sulla conducibilità elettrica dei liquidi medesimi, sulle polarità secondarie ec. ec.

Mentrechè Matteucci studiava con un attività rimarchevole i rapporti che esistono fra le azioni chimiche e le azioni elettriche, un altro soggetto lo teneva pure occupato nelle sue faticose e perseveranti ricerche; io intendo parlare dell'elettricità animale. Scoperta da Galvani nella rana, questa sorgente d'elettricità era stata dapprima l'oggetto degli studi e io dirò ancora delle elocubrazioni di un gran numero di scienziati. Ma essa avea cessato d'attirare ogni attenzione, fin da quando Volta dalle esperienze di Galvani avea tratto delle conseguenze di un ordine ben differente, sia per la loro natura, sia per la loro importanza. Si deve a Nobili l'aver ripreso nel 1827 lo studio dell'elettricità animale, scoprendo in una maniera irrefragabile l'esistenza d'una corrente elettrica nella rana, indipendentemente da ogni causa esterna. Ripreso da Matteucci, lo studio della corrente propria della rana l'ha condotto alla scoperta d'una corrente muscolare esistente non solamente nella rana, ma presso tutti gli animali. Per mezzo di esperienze numerose e variate egli ha potuto scoprire le leggi di quella corrente, le cause che ne determinano la direzione e ne fanno variare l'intensità, e i diversi altri fenomeni fisiologici coi quali essa è legata. Uno scienziato tedesco assai distinto, il sig. Du Bois Reymond, si occupò dello stesso soggetto e non si trovò sempre d'accordo col Matteucci. Fra i due scienziati ne risultarono alcune contestazioni, che fra uomini di simil merito non potevano sussistere lungamente, e che difatti ebbero fine dopo alcune spiegazioni passabilmente vivaci.

Fra i lavori elettro-fisiologici del Matteucci, uno de' più importanti è l'analisi sperimentale completa che egli ha fatto della produzione della elettricità nella torpedine. Dopo di aver dimostrato, che la scarica della torpedine è capace di produrre tutti gli effetti della scarica elettrica ordinaria, e di aver determinata la direzione costante che essa segue, egli cercò di studiare l'influenza di tutte le cause sia esterne, sia interne, che ne modificano l'intensità. Egli riuscì particolarmente a riconoscere l'ufficio dell'organo elettrico nella produzione del fenomeno del quale egli avea trovato la sorgente, non in quell'organo, per quanto possa esser importante il suo ufficio, ma nel quarto lobo del cervello dell'animale. Codesto studio ha permesso al Matteucci di riprendere con più profondo conoscimento di causa le sue ricerche sull'elettricità animale in generale, che la torpedine e gli altri pesci elettrici manifestano in enorme proporzione. Io non posso ora entrare nei dettagli relativi a quelle sue ricerche, e specialmente a parlare del fenomeno curioso descritto dal sig. Matteucci sotto il nome di *contrazione indotta*. Io mi limiterò a ricordare, che l'insigne fisico italiano ha pubblicato nel 1844 sotto il titolo di *Trattato dei fenomeni elettro-fisiologici degli animali*, un volume che racchiude tutti i lavori che egli avea fatto su questo soggetto sino a quell'epoca, e che più tardi, nel 1857 egli ha completato in una nuova pubblicazione intitolata *Corso di elettro-fisiologia*, le sue ricerche alle quali non cessò mai di fare delle nuove aggiunte. Pochissimi giorni prima della sua morte egli pubblicò ancora nel numero del Giugno 1868 degli *Annales de Chimie et de Physique*, sotto il titolo di *Ricerche elettro-fisiologiche applicate all'elettro-fisiologia* i risultamenti di nuove esperienze, che l'avevano condotto a riconoscere, che bisogna tener maggior conto, di quello che si fosse fatto fino allora, degli effetti puramente fisici o chimici, nello studio dell'elettricità fisiologica.

Indipendentemente dai due vasti soggetti, elettricità chimica ed elettricità fisiologica, che erano state sopratutto l'oggetto de' suoi lavori, Matteucci avea studiate con successo molte altre quistioni. Sotto il titolo: *Corso speciale sull'induzione, sul magnetismo di rotazione e sul diamagnetismo*, egli avea riunite nel 1858 le diverse ricerche che egli avea fatte su questa parte

della fisica. Vi si trova fra l'altre un' analisi esperimentale rimarchevolissima della distribuzione delle correnti elettriche nel disco di rame girante sotto l'azione della calamita, (esperienza d'Arago), delle ricerche sul diamagnetismo e la polarizzazione rotatoria magnetica nel loro rapporto collo stato molecolare dei corpi, ed un esame dettagliato dei fenomeni, che presenta l'induzione sotto le sue differenti forme. Egli era in simil guisa entrato in questioni che si riferiscono all'elettricità statica, ed eseguì in ispecial modo moltissime esperienze sulla perdita della elettricità di tensione nei diversi gaz.

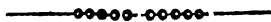
Matteucci s'era ultimamente occupato indefessamente della meteorologia e dell'uso del telegrafo elettrico nell'annunzio delle burrasche. Egli avea pure fatto uno studio accuratissimo delle correnti elettriche terrestri, e dell'influenza delle altezze, sulla loro intensità, e sulla loro direzione. Aggiungiamo che egli era da lungo tempo alla testa della direzione dei telegrafi elettrici in Italia e dell'Osservatorio Meteorologico.

Egli è facile vedere da questo rapido colpo d'occhio, che noi abbiamo gettato or ora sui lavori del Matteucci, che egli avea realmente studiate come già lo dicemmo la maggior parte delle grandi quistioni che si riferiscono all'elettricità; noi possiamo aggiungere che il suo nome, resterà sempre legato colla scoperta delle leggi dell'elettro-chimica, e di quelle che riguardano i fenomeni elettro-fisiologici.

Le sue occupazioni scientifiche non l'impedirono di prendere grandissima parte agli affari pubblici del suo paese, del quale il suo patriottismo avea salutato con gioia il ritorno all'indipendenza e alla libertà. Prima ancora di quell'epoca, io avea avuto il piacere di procurargli la conoscenza del conte di Cavour, che avea ben presto apprezzato in lui una mente perspicace e pratica, unita ad una moderatezza di opinioni così rara, quanto preziosa nei tempi delle rivoluzioni. Ministro della Pubblica istruzione per qualche tempo, rimase poi in qualità di Vice-Presidente del Consiglio superiore della pubblica istruzione, alla testa per così dire di questa branca tanto importante della amministrazione italiana. Egli avea progettato delle grandi riforme, delle quali avea tracciato il piano in un rapporto voluminosissimo, tanto rimarchevole per l'erudizione, che in esso

ci manifesta. Disgraziatamente la maggior parte di queste riforme sono rimaste allo stato di progetto e non ha potuto vederle in esecuzione.

Prima di entrare nella vita pubblica, Matteucci era stato successivamente Professore a Forlì ove egli era nato, a Ravenna, e poscia alla Università di Pisa. Pochi giorni prima della sua morte egli avea accettato il posto di Professore al Museo di Firenze, posto che gli avrebbe permesso di dedicarsi con nuovo zelo alle sue ricerche scientifiche, e nello stesso tempo di iniziarvi un pubblico avido di ascoltarlo, ed al quale avea già fatto sentire qualche volta la sua parola, chiara, animata, incisiva. Egli era stato nominato nel 1857 corrispondente dell' Accademia delle Scienze di Parigi, e al momento della sua morte era stato inscritto sulla lista dei Candidati pel posto di associato straniero. Egli è morto di 59 anni, e quindi in un'età, che lasciava ancora molto a sperare di lui, circondato dalle cure affettuose di una compagna affezionata e simpatica, che colle rare sue qualità e coll' elevatezza de' suoi sentimenti, gli avea procurato degli anni di vera felicità, ed avea contribuito col suo esempio e co' suoi consigli a rivolgere le sue idee verso un mondo migliore, di quello che egli dovea abbandonare così innanzi tempo.

Ginevra 1.° Luglio 1868.

SOPRA ALCUNI CALCARI GIURASSICI DI GIARDINI PRESSO TAORMINA (IN SICILIA) E SULLA LORO IMPORTANTE UTILITA' PER LA FABBRICAZIONE DELLA CALCE IDRAULICA; NOTIZIE GEOLOGICHE E ANALISI CHIMICHE DI O. SILVESTRI, PROFESSORE DI CHIMICA GENERALE E DIRETTORE DEL LABORATORIO CHIMICO DELLA R. UNIVERSITA' DI CATANIA.

Nel gruppo isolato dei calcari giurassici che formano le eminenze montuose di Taormina, sulla costa orientale della Sicilia a piè dell' Etna, oltre a quelli già noti i quali per il loro impasto variegato e marmoreo si sono utilizzati fino da tempi remoti come pietra da taglio, o come materiali da ornamento nelle costruzioni, ve ne sono alcuni sui quali si è richiamato l' attenzione dei pratici per la importanza del prodotto che deriva dalla loro calcinazione.

Devesi ai rappresentanti della Società Concessionaria delle ferrovie Calabro-Sicule, nella ricerca locale che questi facevano dei materiali più utili che si fossero presentati presso il tracciato della linea, per le loro costruzioni, l' idea di poter fondare una fabbrica di calce idraulica sulla spiaggia di Giardini, ove spicca all' improvviso il gruppo montuoso di Taormina, e dove e per la situazione e per le sue qualità la roccia calcarea sembrò poter presentare tutte le opportunità più favorevoli a tal genere di applicazione. — I primi tentativi che si fecero calcinando la roccia calcarea suddetta dettero infatti ottimi resultati, e superiori al saggio comparativo fatto sopra altri calcari o circonvicini, o reperibili a

distanze maggiori in altre località, e fu quindi senza esitanza stabilito non solo per lo scopo dei lavori da intraprendere, ma anche sotto il punto di vista di una utile impresa industriale, di fondare la importante fabbrica di calce idraulica che oggi vedesi sulla spiaggia di Giardini, e che può produrre fino a 50 mila chilogrammi di calce al giorno.

Il monte che si solleva da codesta spiaggia, e che a guisa di contrafforte conduce alle alture maggiori su cui è basata l'antica città di Taormina, si presenta geologicamente costituito da strati calcarei alternanti con schisti argillosi e ardesiaci, i quali presentano specialmente nelle parti più elevate una generale inclinazione di 40 o più gradi da N. a S. Ma nella massima parte del monte medesimo le stratificazioni sono irregolarmente disposte, per effetto delle pressioni che determinarono il sollevamento di tutta la massa, ed è sotto fórma di linee sinuose rientranti e in mille modi contorti che esse si presentano. — Gli strati di calcare compatto non sono continui in tutta la loro giacitura, nè tampoco manifestano lo stesso spessore in tutta la loro estensione. Incominciano spesso con la grossezza di 1 o 2 metri e quindi in una direzione o nell'altra vanno a rendersi gradatamente più sottili finchè si riducono a 0. — Lo spessore medio maggiore che si può loro assegnare è 60-80 centimetri. — La circostanza di trovarsi questi strati calcarei in alternanza ripetuta con schisti argillosi tenerissimi, e con schisti ardesiaci pure friabili, rende facile l'escavazione di essi potendo con facilità farli crollare togliendo loro con pochi colpi di martello il fondamento che li sostiene. — Gli schisti argillosi spesso si presentano sotto forma di straterelli, quasi di argilla biancastra, e talvolta racchiudono pure degli arnioni di ocra gialla di ferro.

In questa località di Giardini gli strati calcarei compatti si mostrano formati da due varietà di calcari, che per la loro giacitura si potrebbero distinguere in superiore ed inferiore.

Il calcare superiore è un calcare compatto di colore grigio cupo: il calcare inferiore che forma quasi la base del monte è puramente molto compatto ma ha un colore grigio molto più chiaro, e nella frattura presenta come delle mac-

chie striate ellissoidali, o subcircolari turchiniccie sfumate, dovute forse a traccie di resti organici. Ambedue sono spesso attraversate da venature di spato calcare bianco, e talvolta anche da venature di selce piromaca nera, e più di rado contengono dei noduli di piriti di ferro; sì l' uno che l' altro vengono utilizzati con lo stesso profitto per la fabbricazione della calce. — Non sono rare in questi calcari le impronte di fossili e specialmente di ammonite, che appunto offrono il documento paleontologico che fa riferire i calcari e le roccie che vi si trovano in connessione stratigrafica al periodo giurassico.

Il calcare grigio scuro e quello grigio chiaro presentano una durezza 3, 3,5 e il peso specifico loro è espresso dalle seguenti cifre:

Calcare grigio scuro

I. Esp. . .	2,6589	2,6703 (media).
II. » . .	2,6859	
III. » . .	2,6742	

Calcare grigio chiaro

I. Esp. . .	2,6803	2,6682 (media).
II. » . .	2,6613	
III. » . .	2,6632	

Premesse queste poche notizie sul giacimento e sulle proprietà fisiche dei calcari, poichè ne ho distinte per differenza stratigrafica e litologica due varietà, poichè ho detto che ambedue sono utilizzate alla fabbricazione della calce vengo adesso a rendere conto delle ricerche chimiche, che ho intrapreso per determinare la esatta composizione della prima varietà e della seconda, come pure della calce idraulica che deriva dall' una e dall' altra.

Analisi chimica dei calcari di Giardini, applicati alla fabbricazione della calce idraulica.

L'analisi qualitativa dei calcari dimostra in essi la presenza della calce, magnesia, allumina, soda, potassa, ossido di ferro, di manganese, acido carbonico, fosforico, silicico, solforico, cloridrico, materia organica ed acqua; ma senza tener parola delle numerose ricerche intraprese per mettere in evidenza tutti questi principii che prendono parte alla loro composizione, mi limito ad accennare in succinto come ho potuto procedere in generale alla determinazione quantitativa di questi, esponendo all'ultimo in forma di quadri i resultati speciali.

Il metodo tenuto per analizzare è eguale tanto per il calcare superiore grigio scuro quanto per il calcare inferiore grigio chiaro. — L'analisi si divide in 5 parti.

Parte I.

Determinazione dell' acqua e dell'acido carbonico.

Ho sottoposto il calcare ben polverizzato alla calcinazione completa, in un crogiuolo di platino esponendolo al calore bianco di una lampada a essenza di trementina alimentata da soffieria. — Ho sostenuto il calore per 10 minuti ed ho ripetuto il riscaldamento fino ad invariabilità di peso del residuo della calcinazione. Ho fatto questa esperienza per 4 volte per le due varietà di calcare sopra pesi differenti e mi sono servito delle medie.

La perdita che subisce il calcare colla calcinazione rappresenta l'acido carbonico, l'acqua, più una piccola quantità di materia organica, dalla quale ho conosciuto dipendere il calore più scuro o più chiaro dei calcari.

L'acido carbonico l'ho determinato direttamente prendendo un peso determinato di calcare in polvere fine, e introducendolo in un apparecchio di Moride e Bobierre cioè

in un apparecchio di cristallo di peso determinato, ove l'acido carbonico del calcare è spostato a volontà dall'azione dell' acido nitrico, e la diminuzione di peso rappresenta la quantità di acido carbonico.

La quantità di acqua l' ho determinata seccando il calcare in polvere fine a 100°, poi introducendolo in un tubo di vetro verde e riscaldandolo fortemente, onde scacciare l'acqua che ho raccolto in un tubo a cloruro di calcio pesato. — Il peso dell' acido carbonico e quello dell' acqua ridotto a 100 parti di calcare non raggiungono esattamente la cifra che rappresenta la perdita del calcare con la calcinazione completa. — Quello che manca è la quantità di materia organica della quale riconosciutane la presenza, perchè è capace di bruciare, ne ho dedotto così indirettamente la proporzione. — In tutte queste determinazioni si sono presi i resultati medj di 4 esperienze.

Parte II.

Determinazione delle materie solubili nell' acqua.

Delle quantità di 10 o più grammi di calcare ridotto in polvere finissima, e lavato su filtro prolungatamente con acqua distillata un po' riscaldata, hanno ceduto a quella una materia solubile. — L' acqua con l' evaporazione ha lasciato infatti un residuo, il quale sottoposto all' azione dei reattivi azotato d' argento, cloruro di bario, ossalato di ammoniaca, bicloruro di platino ec. ha mostrato la presenza di cloruri e solfati a base di sodio, potassio, calcio.

Parte III.

Materie insolubili negli acidi dei calcari che rappresentano complessivamente la parte argillosa.

Un calcare quanto più è argilloso tanto più lentamente e incompletamente è attaccato dagli acidi. Nel caso nostro ho provato che immergendo in acido nitrico un frammento

di quelli schisti argillosi alternante col calcare in esame, esso fa poca effervescenza, è attaccato lentamente dopo poco si vede che l'azione cessa, e il frammento rimane più leggiero e tenero ma non si disgrega e mantiene perfino la sua forma. Le due varietà di calcare sottoposte pure all'azione dell'acido nitrico sono attaccate energicamente, ma mentre ciò accade il liquido s'intorbida e si deposita una materia insolubile grigio scura o grigio chiara a seconda dell'una o dell'altra varietà. — Questa materia che si deposita è costituita da silicato di allumina, silice con calce, ossido di ferro e materia organica e complessivamente rappresenta ciò che chiamasi *argilla*, la cui proporzione maggiore o minore sta ad indicare come vedremo il valore idraulico della calce che può derivare dalle pietre calcaree.

In ambedue i calcari questi residui insolubili negli acidi si fanno perfettamente bianchi con la calcinazione, bruciando la materia organica che così pure si può determinare. — Si presentano omogenei e formati da particelle minute: sono attaccati con energia dall'acido fluoridrico, e di questo mi sono servito per analizzarli.

L'azione dell'acido fluoridrico sotto l'influenza del calore fa sparire l'acido silicico allo stato di gas fluosilicico. Restano i fluoruri di alluminio, calcio, ferro. Questi per mezzo dell'acido solforico si trasformano in solfati, e dai solfati dopo la calcinazione per mezzo dell'acqua alcoolizzata si può separare il solfato di allumina, e il solfato di ferro dal solfato di calce che resta nel filtro e rappresenta la totalità della calce. Dalla soluzione del solfato di ferro e di allumina ho separato con eccesso di potassa l'allumina dall'ossido di ferro, ed ho potuto così determinare la quantità dell'una e dell'altro.

Parte IV.

Determinazione delle materie solubili negli acidi e precipitabili dall'ammoniaca.

Nei calcari in esame, la parte che si scioglie negli acidi forma un liquido limpido giallo dopo la filtrazione o col ri-

poso. Se a questo liquido si aggiunge un leggiero eccesso di ammoniaca si producono dei fiocchi da prima giallastri chiari, in seguito più scuri che si depongono e formano un precipitato di un colore rosso scuro; questo precipitato (che non contiene fluoruri) è formato da fosfati di allumina, di calce, di magnesia, di ferro, che si trovano nei calcari e da una piccola quantità di ossido di ferro e traccie di manganese che trovansi originariamente allo stato di carbonato.

Questo precipitato l'ho analizzato nel seguente modo. — L'ho trattato con acido solforico; e sottoposto all'evaporazione ha lasciato un residuo bianco che con l'acqua produce un liquido che ha l'aspetto del latte di calce. Il residuo secco l'ho trattato con alcool assoluto, e questo scioglie tutto l'acido fosforico che ho precipitato allo stato di fosfato doppio di magnesia e ammoniaca e pesato allo stato di pirofosfato di magnesia. La parte insolubile nell'alcoole assoluto l'ho trattata con acqua alcoolizzata che ha sciolto il sale di ferro e di allumina. Il ferro e l'allumina l'ho determinati separandoli per mezzo della potassa. Finalmente sul filtro rimane il solfato bianco di calce che rappresenta la totalità della calce.

Parte V.

Determinazione delle materie solubili negli acidi e non precipitabili per effetto dell'ammoniaca.

Queste materie sono rappresentate dalla calce e dalla magnesia originariamente allo stato di carbonato e da una piccola quantità di silice, che si presenta allo stato solubile negli acidi. Il liquido acido separato per filtrazione dal precipitato prodotto dall'ammoniaca l'ho sottoposto all'evaporazione a secco per rendere insolubile la silice. Dopo leggero riscaldamento ripreso il residuo con acqua, questa ha sciolto il nitrato di calce e di magnesia ed ha lasciata indisciolta la silice, che ho separato per mezzo di filtro e quindi calcinata e pesata. — Nel liquido filtrato ho precipitato la totalità della calce con l'ossalato di ammoniaca, ed ho determinato

il peso della calce trasformandola allo stato di carbonato di calce, di calce caustica, e di solfato di calce. Nel liquido residuale dopo la totale precipitazione della calce ho separato la magnesia per mezzo del fosfato di soda e dell' ammoniaca, e l' ho pesata poi allo stato di pirofosfato di magnesia.

I resultati di tutte le speciali determinazioni si vedono espressi nei seguenti quadri, nel primo dei quali trovansi registrati i dati che ha somministrato l' analisi diretta ridotti su 100 parti, e nel secondo le deduzioni che si sono potute fare per stabilire la qualità e quantità dei componenti immediati fondate sulle proporzioni equivalenti.

Resultati dell' analisi diretta riferiti a 100 parti in peso di calcare.

		Calcare bigio scuro		Calcare bigio chiaro		
I.	Acido carbonico.	36,4558	39,9480	36,4818	39,5197	La somma dell'ac. carb. e dell'acqua rappresenta la perdita che subiscono i calcari con la completa calcinaz.
	Acqua	3,4922		3,0379		
II.	Cloruri e solfati a base di potassio, sodio, calcio . . .	0,0549	0,0549	0,1094	0,1094	Materie solubili nell'acqua.
III.	Acido silicico (silice) insolub.	9,0272	12,0490	9,6243	12,8120	Materie insolubili negli acidi che si trovano nei calcari primitivi allo stato di silicato d'allumina, di calce di ferro, silice libera e materia organica (argilla).
	Allumina	2,7782		3,0480		
	Calce	0,2286		0,1285		
	Sesquiossido di ferro. . .	0,0020		0,0032		
	Materia organica	0,0130		0,0080		
IV.	Allumina	1,0830	1,4821	0,8040	0,9416	Materie solubili negli acidi e precipitabili dall'ammoniaca che si trovano nei calcari primitivi allo stato di fosfati di allumina, di calce, di magnesia, di ferro, carbonato di ferro, e di manganese.
	Calce	0,2160		0,0070		
	Magnesia	0,0334		0,0157		
	Sesquiossido di ferro. . .	0,0297		0,0199		
	— di manganese.	0,0000 trac.		0,0000 trac.		
	Acido fosforico	0,1200		0,0950		
	Calce	46,2460	46,5276	46,3140	46,6399	Materie solub. negli ac. e non precipitab. dall'ammoniaca che si trovano nei calcari prim allo stato di carbonato di calce, carbonato di magnesia e di silice libera solubile.
	Magnesia	0,1016		0,0859		
	Acido silicico (silice) solubile.	0,1800		0,2400		
			100,0616		100,0226	

Composizione qualitativa e quantitativa riferita a 100 parti in peso dei calcari.

	Calcare bigio scuro	Calcare bigio chiaro
Carbonato di calce	82,5820	82,6960
— di magnesia. . .	0,2133	0,1803
— di ferro	0,0378	0,0253
Silicato di allumina (3 Al^2O^3, 4 Si O^2)	4,9359	5,4153
Con calce, magnesia, protossido di ferro e manganese (tracce).	0,2306	0,0964
Silice libera	7,1195	7,4970
Materia organica.	0,0130	0,0080
(totale argilla delle quattro righe precedenti)	12,2990 argilla	13,0167 argilla
Fosfati di allumina, di calce, di magnesia, di ferro . .	1,4821	0,9416
Acqua.	3,4922	3,0379
Cloruri e solfati a base di potassio, sodio, calcio . .	0,0549	0,1094
	100,1613	100,0072

Stabilita così la composizione dei calcari, fa d' uopo ora vedere cosa risulta di essi dopo la cottura o calcinazione. — Questo si fa a Giardini mediante forni continui costruiti con mattoni refrattari, e che si riempiono con strati alternanti di pietra calcare e di carbon fossile.

La calce che ne resulta non è perfettamente bianca ma di un colore giallo sporco. Estinta con acqua rigonfia poco e si riscalda molto meno della calce grassa : a contatto dell' aria stenta a prendere consistenza ma al di sotto dell' acqua fa presa e si solidifica prontamente.

Sottoposta alle ricerche chimiche ha dato i seguenti resultati :

Analisi chimica della calce idraulica di Giardini.

Le due varietà di calcari danno due specie di calce che si somigliano perfettamente per l'aspetto esteriore, e differiscono ben poco come i calcari stessi anche per il carattere della loro composizione chimica.

Il metodo d' analisi tenuto per le calci ha molta analogia con quello tenuto pei calcari. Infatti :

1.° Nella calce anche appena uscita dalla fornace ho trovato delle piccole quantità di acido carbonico e di acqua: la materia organica è scomparsa per effetto del calore. — La calcinazione completa della calce effettuata al calor bianco, dà una perdita che rappresenta l'acqua e l'acido carbonico. Determinata a parte la quantità dell'acido carbonico con il solito apparecchio si ha per differenza quella dell'acqua.

2.° Lavata la calce con acqua si ha un latte di calce molto alcalino per la trasformazione dei cloruri e solfati a base di sodio e potassio (che formano le materie solubili nell'acqua dei calcari) in soda e potassa caustiche o carbonate per effetto del calore e dei silicati dell'argilla. Nel latte di calce precipitando tutta la calce con carbonato di ammoniaca e filtrando si ha un liquido, che acidulato con acido cloridrico e evaporato a secco, dà un residuo di cloruro di sodio e di potassio da cui possiamo determinare la soda e la potassa per mezzo del bicloruro di platino.

3.° Trattando la calce con acido nitrico allungato con acqua alla temperatura ordinaria, essa fa una leggiera effervescenza e si divide in una parte immediatamente solubile, ed in un'altra parte che resiste nel momento all'azione dissolvente dell'acido. — Questa parte insolubile raccolta e calcinata si è determinata nel suo peso. Essa forma una sostanza bianca ed è silice, che l'acido fluoridrico scioglie con energia e disperde totalmente con l'azione del calore lasciando un residuo appena sensibile di calce ed ossido di ferro.

Se la calce a contatto con l'acido nitrico si trattiene

per due o tre giorni, allora anche la silice da principio insolubile è resa solubile ed il liquido si rapprende in massa gelatinosa.

4.° Filtrando la parte della calce solubile direttamente negli acidi e neutralizzandola con eccesso di ammoniaca si ha un precipitato di fosfati di allumina, di calce, di magnesia, di ferro perfettamente identico a quello dei calcari e che ho sottoposto allo stesso sistema di analisi.

5.° Finalmente nel liquido filtrato risultante dal trattamento ammoniacale suddetto si trova disciolta la calce e la magnesia ed una certa proporzione di silice, proveniente dalla decomposizione dei silicati di allumina, di calce e di magnesia effettuata per mezzo degli acidi. La calce e la magnesia e la silice l'ho determinata in questo liquido nello stesso modo praticato nel caso dei calcari.

Nei quadri seguenti sono rappresentati i resultati centesimali dell'analisi diretta, e le proporzioni dei componenti immediati dedotte per mezzo del calcolo.

Resultati dell'analisi diretta riferiti a 100 parti in peso di calce.

		Calce del calcare bigio scuro		Calce del calcare bigio chiaro		
I.	Acido carbonico	1,7590	= 4,1220	1,9820	= 4,2860	La somma dell'ac. carb. e dell'acqua rappresenta la perdita che subisce la calce riscaldata al calor bianco.
	Acqua	2,3630		2,3040		
II.	Potassa, soda	0,1009	= 0,1009	0,1809	= 0,1809	Sono le materie solub. nell'acq. che nei calcari primitivi si trovano allo stato di cloruri e solfati.
III.	Silice (con traccie di calce e ferro) insolub. coll'azione poco prolungata degli acidi deboli	13,8020	=13,8020	14,2360	=14,2360	Questa silice rappres. la parte della calce direttam. insolub. negli ac. deboli con azione poco prolung. ma col tempo (4 5 giorni) si rende solubile e la silice così trattata si rapprende in massa gelatinosa.
IV.	Allumina	7,0543	= 8,7866	6,3690	= 7,4575	Materie solub negli ac. e precipitab. per mezzo dell'ammoniaca e che trovansi allo stato di fosfati, eccettuati una parte dell ossido di ferro, e gran parte dell' allumina che è nella calce allo stato di silicato d allumina e di calce in eccesso.
	Calce	1,4110		0,8670		
	Magnesia	0,0435		0,0226		
	Sesquiossido di ferro	0,0580		0,0381		
	— di manganese	0,0000 trac.		0,0000 trac.		
	Acido fosforico	0,2198		0,1608		
V.	Calce	70,0520	=73,3012	71,7106	=73,9246	Materie solub. negli ac. e non precipitab. dall'ammoniaca, si trovano nella calce allo stato di silicati mescolati a grande ecces. di calce caust
	Magnesia	0,1861		0,1420		
	Silice solubile	3,0631		2,0720		
			100,1127		100,0850	

Composizione qualitativa e quantitativa riferita a 100 parti in peso di calce.

	Calce del calcare bigio scuro	Calce del calcare bigio chiaro
Calce caustica.	67,8133	69,1881
Silicato di allumina (argilla) e acido silicico che formano dopo la cottura con un eccesso della calce sopranotata e con la magnesia un silicato attaccabile completamente dagli acidi . . .	22,1218	21,4897
Calce allo stato di carbonato.	3,9977	4,5045
Fosfato di allumina, di calce, di magnesia, di ferro . .	3,7160	2,4178
Potassa, soda, calce . . .	0,1009	0,1809
Acqua	2,3630	2,4040
	100,1127	100,1850

Dall' esame comparativo delle analisi chimiche eseguite sui calcari e sulle calci che ne derivano, dovendo formarsi un' idea di ciò che accade nei calcari durante la loro cottura o calcinazione, si può ritenere che l'argilla la quale trovasi nei calcari argillosi di Giardini disimpegna funzioni importantissime e tanto più per la composizione speciale che in essi ci presenta. Infatti abbiamo trovato che essa non solo resulta di silicato idrato di allumina, ma vi è silice libera con piccole quantità di calce, magnesia, ossido di ferro, e materia organica. Questa argilla dunque impastata con eccesso di carbonato di calce e poco carbonato di magnesia rappresenta i calcari di cui è parola. Per mezzo della calcinazione l'acido carbonico quasi nella totalità se ne va, l' acqua pure in

gran parte si disperde, la materia organica brucia completamente, i fosfati rimangono. La calce ridotta allo stato caustico, con la piccola quantità di magnesia, reagisce sotto l' influenza del calore non solo sull' acido silicico libero ma per il suo grande eccesso reagisce pure sul silicato di allumina dell' argilla, impossessandosi di una parte della silice. Si costituiscono così silicati a base di calce, di allumina e di magnesia mescolati con la calce viva in grande eccesso. Quando interviene l' acqua le tre sostanze s' idratano, si uniscono, interamente e la calce perciò diviene completamente insolubile e si produce una massa solida eccessivamente dura e compatta.

È su questo miscuglio importantissimo che sta fondato il segreto delle proprietà idrauliche della calce; segreto messo in piena evidenza dal celebre ingegnere Vicat, con la scoperta dichiarata e ricompensata per una delle più utili del secolo presente, perchè ha servito di base alla generale fabbricazione di calci idrauliche sulla importante applicazione delle quali sarebbe inutile qualunque digressione.

Il detto Vicat secondo la quantità di argilla contenuta nei calcari distingue le calci idrauliche che ne derivano in tre categorie

I Calci indrauliche *medie.*
II — — *ordinarie*
III — — *molto idrauliche.*

La quantità di argilla che comprende queste tre categorie è rappresentata dal 7 al 23 per cento nelle pietre calcari. Se la proporzione aumenta dal 27 al 61 per cento allora si hanno i *cementi:* finalmente se ascende a 84-98 per cento si hanno le *pozzolane.*

I calcari dunque di Giardini che contengono da 12, 29 a 13, 01 di argilla per 100 devono comprendersi tra i calcari propriamente destinati alla fabbricazione delle calci idrauliche. Per decidere però quale delle tre categorie di calci idrauliche essi sono capaci di produrre, li metterò in paragone con le analisi conosciute di Berthier sopra altri calcari le quali conducono ai seguenti resultati:

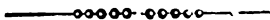
Calcari che danno delle calci mediocremente idrauliche.

	Carbonato di calce	Carbonato di magnesia	Carbonato di ferro	Argilla
1 Calcare di Chaulnay presso Nâcon. . . .	89, 2	3, 0	»	7, 8
2 Calcare di Saint Germain (Ain.) . .	85, 8	0, 4	6, 2	7, 6
3 Calcare di Bigna . .	83, 0	2, 0	»	15, 8

Calcari che danno delle calci molto idrauliche.

	Carbonato di calce	Carbonato di magnesia	Carbonato di ferro	Argilla
4 Calcare dei dintorni di Nimes	82, 5	4, 0	»	13, 4
5 Calcare di Senonches.	80, 0	1, 5	»	18, 5
6 Calcare di Lezeux (Puy de Dôme). . .	72, 5	4, 5	»	23

Da queste cifre si vede che in generale la idraulicità della calce aumenta in ragion diretta dell'argilla conteuuta nei calcari, però talvolta come notasi paragonando la composizione del calcare N.° 3, che contiene 15 per cento di argilla e quella del calcare N.° 6 che ne contiene 13, 4 mentre quest'ultimo è più idraulico del primo, vi può essere eccezione. L'eccezione, è stato detto da taluno, si verifica quando l'argilla ha una composizione speciale che favorisce sempre più la idraulicità della calce: nessuno però si è reso conto esatto finora di questo fatto, perchè nessuno che io sappia in ricerche di tal genere ha fatto mai l'analisi dell'argilla che trovasi mescolata coi calcari. Io avendo trovato in questa argilla un eccesso di silice oltre a quella del silicato d'allumina di formula ($3Al^2O^3, 4 SiO^2$) credo di potere asserire che provenga appunto da questo eccesso di silice la maggiore idraulicità che può comunicare l'argilla. Questa circostanza speciale viene dimostrata dall'analisi essere molto rimarchevole nel caso delle due varietà di calcare di Giardini, il quale per questa ragione e per contenere come ho detto il 12,29 — 13,01 di argilla, la quale riferita a 100 parti del prodotto di calcinazione giunge fino a 21,4 — 22,1; per contenere del carbonato di magnesia che contribuisce pure a favorire l'idraulicità della calce, si può riferire senza dubbio alla categoria dei calcari capaci di dare delle calci *molto idrauliche* e si può più specialmente paragonare a quello di Nimes, che è di grandissimo credito per tale specie di applicazione.

La pratica inoltre già da qualche tempo fatta nel servirsi della calce di Giardini, per ponti ed altre costruzioni subacquee ha dimostrato come questo sia di efficacissimo effetto, come si leghi bene con le ghiaje con le sabbie a formare dei calcistruzzi e delle malte che ben presto e tenacemente induriscono; per cui devesi in conclusione ritenere come di grande utilità l'avere stabilito in Sicilia questa importante industria.

PROVA DEL DIAMANTE; DI MASSIMO LEVI DA VERCELLI.

La perfezione con cui si imita il diamante è giunta attualmente a un grado tale, che persino i più esperti conoscitori assai difficilmente sanno distinguere i veri dai falsi. In conseguenza i poco pratici compratori sono spesso esposti ad essere ingannati, massime nell'acquisto di brillanti di gran valore.

Avvi però un mezzo sicuro e facile, con cui chiunque può accertarsi dell'identità del diamante che vuol comperare e di cui può far uso principalmente quando il diamante è di molto costo. — Lo si mescola intimamente entro una capsuletta di piombo o meglio di platino, con spato fluore in polvere, si versa sopra acido solforico concentrato. Si riscalda la capsula con alcuni carboni sotto un camino, onde evitare di aspirare i vapori di acido fluoridrico che svolgonsi in abbondanza. Cessato di svolgersi questo vapore, si lascia raffreddare e si agita il miscuglio con una bacchetta onde mettere allo scoperto il diamante. Se ritrovasi illeso è certo che questo è buono: se invece fosse falso allora siccome conterrebbe per certo del cristallo, cioè dell'acido silicico, questo sarebbe decomposto ed il silicio si unirebbe al fluoro, formando un fluoruro gassoso, ed il finto diamante sarebbe in conseguenza profondamente corroso od anche completamente disciolto.

SOPRA LE NUOVE MACCHINE D'INDUZIONE. (1)

In seguito alla scoperta dell'induzione si sono fatti molti tentativi per sostituire le macchine elettro-magnetiche alle pile.

La prima macchina di questo genere è stata costruita nel 1833 da Pixii; le correnti indotte erano prodotte dalla rotazione di una calamita davanti ad una elettrocalamita. Poco dopo, Saxton la perfezionò assai rendendo la calamita fissa e facendo ruotare la parte più leggiera dell'apparecchio, cioè l'elettro-calamita. Nella macchina di Saxton la calamita era orizzontale. Clarke la dispose verticalmente dando all'apparecchio il suo nome, in oggi classico, posseduto da ogni gabinetto fisico. Per aumentare la potenza dell'apparecchio basterebbe disporre attorno a un medesimo asse diverse elettrocalamite, e farle ruotare fra i poli di un egual numero di calamite. Questo è il principio della macchina costruita da Nollet nel 1850 e che divenne, nelle mani del suo successore Van Malderen, l'elettromotore più perfetto per la produzione della luce elettrica. Questi apparecchi sono da tutti conosciuti sotto il nome di *Machines de la Compagnie l' Alliance.*

(1) Traduzione di un estratto del signor Bertin, dagli *Annales de Chimie et de Physique*, Octobre 1868, per C. M.

Mentre questi notevoli progressi si compivano in Francia, le macchine d' induzione andavano trasformandosi all'estero. In primo luogo i signori Siemens e Halske, di Berlino, introdussero nelle macchine elettro-magnetiche un grande perfezionamento con l' invenzione della loro *armatura cilindrica.* Wilde, eccitando colla macchina così perfezionata delle potenti elettro-calamite, arrivò ad ottenere delle correnti d'una potenza straordinaria.

Fin qui le correnti venivano prodotte dalla trasformazione del lavoro meccanico per mezzo delle calamite. Ma un profondo studio delle condizioni di questa trasformazione condusse il signor Siemens a eliminare quest' intermediario, e lo condusse all' invenzione delle macchine da lui chiamate *elettrodinamiche,* nelle quali la trasformazione del lavoro meccanico in elettricità si fa direttamente. Queste macchine sembrano uno dei più grandi progressi fatti dalla Fisica sperimentale in questi ultimi anni, e io ne do oggi una breve rassegna giovandomi di tutto quanto venne scritto su questo soggetto, specialmente dell'eccellente notizia pubblicata dal Dott. Schellen nel *Repertorio di Fisica.* (1)

1.

Rocchetto o armatura di Siemens e Halske.

È questa l' elettro-calamita mobile che forma l' organo essenziale di tutte le nuove macchine. Essa è stata inventata dai signori Werner Siemens e Halske di Berlino nel 1854, e descritta da Siemens negli *Annales di Poggendorff* nel 1857 (2).

L' anima di questo è un cilindro di ferro avente nella direzione dell' asse due profonde e larghe scanalature, in maniera che la sua sezione trasversale ha la forma di un doppio T (*Tav. V. fig.* 1). È in questa gola che si trova avvolto il filo il quale è per conseguenza disposto parallelamente all'asse del cilindro, mentre che nelle ordinarie elettrocalamite il filo è avvolto

(1) *Repertorium für experimental Physik* pel Dott. Carl, t. IV p. 65-88.
(2) *Annales di Poggendorff,* t. CI p. 271.

perpendicolarmente. L'anima così apparecchiata ha ripreso a un di presso la forma cilindrica; la si completa coprendo il filo una una lamina di ottone, cosicchè l' armatura diventa un cilindro perfetto. Le sue basi sono avvitate a due pezzi metallici che portano gli assi di rotazione.

La figura 2 rappresenta una sezione longitudinale di quest' armatura cilindrica. Il filo che vi sta ravvolto ha una sua estremità fissata all'anima, e quindi ha la comunicazione coll'asse di rotazione; mentre l'altra estremità, attraversando il pezzo metallico è fissata a una ghiera isolata nell'asse. L'asse e la viera sono quindi le estremità del filo, e per conseguenza così i poli delle correnti indotte, allorchè l'armatura ruota fra le branche di una calamita. Ma questi poli cangiano di segno a ogni mezza rotazione dell'armatura, e per avere le correnti sempre nel medesimo verso bisogna impiegare un commutatore analogo a quello della macchina di Clarke. Le molle che premono le due parti del commutatore diventano allora poli costanti delle correnti prodotte per l' induzione. L'estremità C dell'armatura cilindrica porta il commutatore, l' altra estremità porta un rocchetto P, che può esser mosso da una ruota dentata di grande diametro per dare all' armatura cilindrica un rapidissimo moto di rotazione.

I vantaggi di una tale disposizione sono evidenti. Potendo dare all'armatura cilindrica una velocità grandissima e producendo quindi delle variazioni rapidissime di polarità si avrà in un tempo brevissimo un gran numero di correnti indotte. Di più le superfici polari essendo enormi, il magnetismo e per conseguenza l' induzione saranno considerabili. Perciò, da che venne inventata quest' armatura cilindrica, noi la vediamo impiegata in un grande numero di macchine d'induzione.

2.

Macchina elettro-magnetica di Siemens e Halske.

Questa macchina consiste in un' armatura di Siemens che ruota fra i due poli d' un sistema di sbarre magnetiche. La

figura 3 è una sezione che fa vedere la disposizione essenziale. M e N sono due sbarre magnetiche che sono le branche d'una calamita a ferro di cavallo, ovvero due calamite diritte riunite con una loro estremità ad un pezzo di ferro F. Queste calamite sono scanalate nelle parti polari A e B per ricevere l'armatura Siemens S, messa in movimento da una ruota il cui asse trovasi in R. Siccome vi sono molte sbarre parallele, l'armatura si trova come in un cilindro magnetico che l'involge per tutta la sua lunghezza, e non ne è separata che da una piccolissima distanza. L'armatura è inoltre avviluppata dalle sbarre per più della metà della sua circonferenza, di maniera che, in qualunque posizione, l'anima di ferro è in contatto colle calamite le quali perciò sono sempre armate; e di qui il nome di *armatura* dato al rocchetto di Siemens. L'inventore insiste assai nel raccomandare questa condizione che egli considera come essenziale; condizione che ha per iscopo di impedire l'influenza laterale delle calamite le une sulle altre e conseguentemente il loro svigorimento: il potere magnetico del sistema è allora press'a poco la somma del potere magnetico di tutte le sbarre che lo compongono, condizione che è ben lungi dal verificarsi nei fasci magnetici come d'ordinario si costruiscono. Tutto quindi è disposto in modo da produrre una forte magnetizzazione, e quindi una induzione di una grandissima energia.

Si sono viste all'Esposizione universale due macchine di questo genere, l'una era una macchina d'induzione ordinaria di dimensioni minori della macchina di Clark, e che tuttavia dava degli effetti di molto superiori. L'altra era un esemplare dei telegrafi elettro-magnetici impiegati sopra molte linee della Germania, segnatamente sulle linee bavaresi. Questi due apparecchi avevano ciascuno dodici paia di sbarre calamitate sovrapposte orizzontalmente, senza toccarsi che pel pezzo di ferro nel quale erano fissate; l'armatura era quindi verticale. La si faceva ruotare rapidamente per mezzo di una ruota dentata mossa da una manovella.

3.

Macchina elettro-magnetica di Wilde.

È chiaro che se nella macchina di Siemens si sostituissero alle calamite delle elettro-calamite si avrebbe una sorgente di magnetismo assai più energica, e si aumenterebbe per tal modo l'induzione prodotta. È vero che bisognerebbe eccitare le elettro-calamite con una corrente esterna; ma nulla osta che questa corrente sia prodotta da una seconda macchina elettro-magnetica a calamite permanenti. Questa è precisamente l'idea realizzata da Wilde in Inghilterra. La sua macchina è composta di due apparecchi sovrapposti. Il superiore, più piccolo, non è che la macchina di Siemens coll'armatura orizzontale. La corrente prodotta dalla rotazione di quest'armatura fra i poli d'un sistema di calamite a ferro di cavallo è condotta attorno alle branche di una grossa elettro-calamita posta inferiormente. Fra le superfici polari di quest' altra elettro-calamita ruota una seconda armatura più grossa della prima, e che produce appunto la corrente indotta che si utilizza esteriormente. Perchè questa combinazione sia vantaggiosa, bisogna che la prima corrente sia capace di sviluppare un magnetismo più energico di quello che l'ha prodotta. E ciò è possibile poichè la magnetizzazione di una elettro-calamita dipende non solo dalla corrente eccitante, ma ancora dalla massa di ferro che ne compone l'anima. Nella prima macchina fatta dal Wilde, l'apparecchio superiore aveva sedici calamite a ferro di cavallo, ciascuna delle quali poteva reggere 10 chilogrammi; la corrente che esse producevano nella loro armatura veniva condotta nell' elettro-calamita inferiore, e la magnetizzava al punto che poteva reggere 5000 chilogrammi. Questa enorme forza magnetica sviluppava nell'armatura inferiore delle correnti di una intensità straordinaria.

La figura 4 rappresenta la macchina di Wilde vista di faccia. Si vede in *m* una delle 16 calamite a ferro di cavallo. Le estremità di queste calamite sono incastrate in due masse di ferro che formano le superfici polari *a* e *b*. Queste due masse sono separate da una piastra di ottone *l*, ed è nel-

l' asse di questo sistema metallico che si trova la cavità cilindrica che contiene l' armatura di Siemens *s*. Le correnti indotte, dopo essere state raddrizzate dal commutatore, metton capo ai due bottoni *p* e *n* isolati, i quali sono pure in comunicazione colle estremità del filo dell' elettro-calamita della seconda macchina.

Questa elettro-calamita E E ha per anima due grosse lastre di ferro riunite, superiormente da una massa prismatica di ferro F che serve di base alla prima macchina. Le estremità inferiori sono incastrate in due masse di ferro A e B separate da una piastra di ottone L L, e formanti la guaina cilindrica nella quale ruota la seconda armatura S di un diametro incirca tre volte più grande della prima. La corrente di quest' armatura, dopo essere stata raddrizzata dal commutatore, vien condotta per mezzo di due molle ai bottoni P e N, che diventano così i poli dell' elettro-motore. É a questi poli che si attacca il circuito, esterno nel quale si vuole utilizzare la corrente.

Le dimensioni delle diverse parti dell'apparecchio erano le seguenti. Le due cavità cilindriche avevano, la prima 2 $^1/_2$ pollici inglesi (1), e la seconda 7 pollici di diametro. Le armature che stavano inserite in dette cavità erano un po' più piccole, la prima di $^1/_{20}$ di pollice, la seconda di $^1/_8$ di pollice. Le lastre di ferro che formano l' anima dell' elettro-calamita erano alte 3 piedi, larghe 26 pollici, e avevano la grossezza di 3 pollici; esse erano riunite da una lastra due volte più grossa. Il filo che le copriva tutte e due era lungo 3000 piedi e pesava mezza tonnellata (500 chilogrammi); esso formava 7 strati attorno a ciascuna lastra. Il filo dell' armatura inferiore era pure molto grosso; egli non aveva che 350 piedi di lunghezza.

Perchè questa macchina produca intieramente il suo effetto bisogna dare all' armatura una velocità di rotazione enorme; per la più grossa di 25 giri per secondo, e per la più piccola, una velocità compresa fra 30 e 40 giri per secondo. Questi due pezzi mobili ricevevano il movimento da due cor-

(1) Il piede inglese = metri 0,305 e si divide in dodici pollici.

regge che gli trasmettevano la forza d' una macchina a vapore della forza di 3 cavalli (1).

I fenomeni della luce elettrica e dell' incandescenza nei fili metallici sorpassavano, dicesi, tutto ciò che si era visto avanti.

Il sig. Wilde andò ancora più in là. Invece di usare direttamente la corrente di questa macchina, egli la fece passare per una elettro-calamita ancora più grande della precedente, la quale era alta 4 piedi e aveva 10 pollici di grossezza; egli aveva dunque una macchina tripla, a tre cilindri che esigeva, per esser messa in movimento la forza di 15 cavalli-vapore. La corrente manteneva la luce elettrica in una lampada a carboni grossi come un dito, e fondeva rapidamente una sbarra di platino lunga 2 piedi, del diametro di $^1/_4$ di pollice.

Ma l' enorme velocità che bisogna imprimere alle armature della macchina di Wilde è un grave inconveniente che sembra essersi opposto fin ora al suo impiego industriale. I rapidi cangiamenti di polarità scaldano così tanto il ferro delle armature che presto il magnetismo si svigorisce e la corrente diminuisce. Così non si può ottenere una luce elettrica che si mantenga costante nel periodo di 10 o 12 ore, come lo esige il servizio dei fari; sotto questo aspetto quindi l' apparecchio di Wilde sembra molto inferiore alle belle macchine elettro-magnetiche della *Compagnia l'Alliance*.

4.

Invenzione delle macchine elettro-dinamiche.

Fin qui noi abbiamo visto delle correnti assai energiche prodotte dal movimento, ma impiegando delle calamite permanenti. Non sarebbe possibile di sopprimere quest' intermediario, e di ottenere l' elettricità per la semplice trasformazione del lavoro meccanico? Questa ardita idea sembra esser venuta contemporaneamente a due inventori dei più felici

(1) *Quarterly Journal of science* n. 12.

della nostra epoca, il sig. Werner Siemens di Berlino, e il sig. Charles Wheatstone di Londra; ma la priorità di pubblicazione appartiene al primo.

Nel mese di Dicembre 1866 il sig. Siemens mostrò ai fisici di Berlino una macchina d' induzione senza calamite, alla quale diede il nome di macchina *elettro-dinamica*. Il giorno 17 Gennaio 1867 egli comunicò all' Accademia di Berlino i principii che l' avevano condotto a quest' invenzione, in una Nota che porta il titolo: *Sopra la trasformazione del lavoro meccanico in corrente elettrica, senza l' intervento delle calamite permanenti* (1).

L' Autore comincia con uno studio minuto dell' induzione nelle parti mobili di un medesimo circuito. Prendiamo in esame un motore elettrico composto di elettro-calamite, le une fisse e le altre mobili. La corrente di una pila che attraversa tutte queste elettro-calamite mette in movimento la parte mobile, in un certo verso rispetto alla parte fissa; ma questo movimento produce nello stesso tempo delle correnti indotte che, secondo la legge di Lenz, devono avere tale una direzione che la loro reazione elettro-dinamica sia opposta al movimento che le ha prodotte. Queste correnti indotte sono dunque di verso contrario a quello della pila, e quindi tendono a indebolirla semprepiù. Tale è l' effetto del movimento in tutti i motori elettro-magnetici; essi portano in se stessi un germe di morte; essi non posson funzionare senza che la forza motrice s' indebolisca, ed è questa la principal causa dell' insuccesso di tutte le macchine di questo genere.

Ma se coll' aiuto di una forza esterna si fa ruotare il motore nel verso contrario del movimento che gli comunicherebbe la pila l' effetto dell' induzione si cangia affatto. Le correnti indotte, che devono sempre contrastare il movimento, saranno allora dirette nel medesimo verso della corrente della pila, e per conseguenza questa andrà sempre aumentando. Quest' accrescimento della corrente produrrà un au-

(1) *Monatsbericht*, 17 Gennaio — *Annales di Poggendorff*, Febbraio 1867, t. CXXX, pag. 332, questa memoria è tradotta negli *Archives de Genève*, t. XXIX, pag. 70.

mento nell' energia delle elettro-calamite, e di nuovo un accrescimento delle correnti indotte. La corrente che scorre nell' apparecchio aumenterà così progressivamente, fino a una tale intensità che la corrente primitiva non sarà che una frazione insignificante della corrente totale, per cui si potrà sopprimere la pila senza alcun danno.

La pila non servirebbe che a cominciare l' azione dando alle elettro-calamite una quantità di magnetismo che può esser debole quanto si vuole. « Il più piccol grado di magnetismo, come quello che rimane sempre nelle elettro-calamite formate anche del ferro più dolce, basta per ottenere, col mezzo della rotazione, l' accrescimento progressivo della corrente nel circuito; basta far passare una sol volta, e per un tempo brevissimo, la corrente di una pila nell' elettro-calamita fissa perchè l' apparecchio sia suscettibile di caricarsi in qualunque tempo ».

Quest' ultima frase esprime chiaramente il nuovo principio sul quale sono fondate le nuove macchine elettro-dinamiche, che permettono di ottenere una corrente intensa quanto si vuole senza l' intervento delle calamite permanenti.

« Questo principio è applicabile a tutte le macchine fondate sull' attrazione e la ripulsione delle elettro-calamite, facenti parte di un medesimo circuito, purchè le elettro-calamite soddisfino a certe condizioni indispensabili. Bisogna in primo luogo che esse abbiano una sufficente forza coercitiva per conservare senza alterazione il loro magnetismo, malgrado le variazioni periodiche delle correnti indotte. Bisogna inoltre che le superfici polari sieno così disposte, che l' elettro-calamita fissa sia costantemente chiusa da un ferro dolce durante la rotazione dell' elettro-calamita mobile; condizione che è pienamente soddisfatta dall' armatura di Siemens.

« Con una simile macchina i cui differenti pezzi sieno ben combinati, e col commutatore ben regolato si ottiene, con una rotazione sufficentemente rapida, una corrente così intensa che, se la resistenza esterna è debole, il filo delle elettro-calamite si scalda al punto da bruciare la seta di cui è rivestito. Bisogna, per evitare quest' inconveniente, ovvero moderare la velocità, ovvero aumentare la resistenza esterna ».

Questi sono i punti principali discussi nella Nota del sig. Werner Siemens di Berlino. Il di lui fratello William Siemens, di Londra, costruì una macchina su questi dati e ne fece conoscere i risultati alla Società reale di Londra nel Febbraio del 1867.

Pochi giorni dopo, la stessa Società ricevette una simile comunicazione dal sig. Ch. Wheatstone a cui venne la stessa idea del sig. Siemens. Le Note dei due dotti inglesi furono lette nella stessa sessione, quella del 14 Febbraio 1867 (1), e per conseguenza un mese dopo la comunicazione fatta dal sig. Werner Siemens all' Accademia di Berlino, ciò che gli costituisce un titolo di priorità incontestabile.

5.

Macchina elettro-dinamica di Siemens.

Il sig. Siemens espose nel 1867 due macchine del suo sistema, una piccola che si faceva agire a mano, e una grande che non potè esser messa in azione per mancanza di un motore sufficiente. Quest' ultima è stata profondamente modificata dall' inventore, poichè non rassomigliava molto a quella disegnata nel *Repertorio* di Carl (2).

Mi limiterò a descrivere la piccola macchina, la prima che siasi costruita di questo genere, quella che servì alle prime esperienze. Essa è destinata specialmente a far esplodere le mine, e in generale alla produzione dei fenomeni che richieggono una corrente energica ma di breve durata.

L' apparecchio è chiuso in una cassetta di legno di due a tre decimetri di lato. Aprendo questa scatola si vedono due elettro-calamite piatte disposte verticalmente su di un pezzo di ferro che le riunisce in basso, e nelle quali si fa passare una volta per sempre la corrente di una pila. Esse

(1) *Philos. Magaz.* 1867, t. XXXIII, pag. 469. Queste due Note sono state tradotte nel n. 42 della *Revue des cours scientifiques*, nello stesso tempo di altre due dei sigg. Varley e Ladd sullo stesso soggetto.

(2) Tom. IV, p. 84.

portano nelle loro estremità superiori due grossi pezzi di ferro dolce colla scanalatura cilindrica nella quale ruota l'armatura di Siemens.

Il movimento vien comunicato a mano, a quest' armatura, per mezzo di una ruota dentata e di un rocchetto in modo che questo assume una velocità di rotazione otto o dieci volte più grande di quella della ruota. Dalla parte opposta della cassetta si vede in alto il commutatore dell' armatura, e in basso un congegno destinato a interrompere la corrente in un dato istante per lanciarla nel filo che conduce alla mina.

La figura 5 rappresenta la macchina vista dal lato opposto della manovella. E E sono le due elettro-calamite le cui anime appoggiano sulla piastra di ferro F, e portano i due pezzi A e B scanalati cilindricamente. Nella guaina così formata ruota l' armatura S di Siemens, per mezzo di una ruota dentata di cui l' asse è in *o* e che non è rappresentata nel disegno perchè trovasi dalla parte opposta. Il commutatore di quest' armatura è da ciascun lato in contatto con tre molle parallele, per assicurare meglio il contatto.

I due sistemi di molle metton capo ai due bottoni P e N che formano i poli delle correnti, raddrizzate dal commutatore. A questi poli si attaccano le estremità del filo unico che involge le elettro-calamite fisse. L' estremità 1 è in comunicazione diretta col bottone N, l' estremità 2 è in relazione col bottone P per l' intermediario dell' interruttore I.

Ecco come è disposto l' interruttore. L' asse della ruota motrice termina in O con un rocchetto che ingrana con una ruota dentata un po' più grande, il cui albero porta un anello con una profonda intaccatura. Sopra quest' anello s' appoggia, per mezzo d' una sporgenza una leva C D, mobile attorno il punto C. Finchè la sporgenza appoggia sulla parte piena dell' anello, la leva è alzata e in contatto colla punta D che comunica col bottone P pel filo 3. L' asse C della leva comunicando pel filo 2 coll' altra estremità del filo dell' elettro-calamita, si vede che la corrente è chiusa in C D. Ma in seguito alla rotazione della ruota I dell' interruttore, la sporgenza della leva incontrerà l' intaccatura dell' anello, la leva cade, abbandona la punta D e la corrente è interrotta nel-

l'apparecchio. Allora un circuito esterno, formato dai fili 4 e 5, conduce la corrente ove abbisogna, per esempio entro una mina che si vuol fare esplodere.

Nelle macchine destinate alle mine la ruota dell'interruttore è due volte più grande che il rocchetto della ruota motrice, di maniera che la corrente è lanciata nel circuito esterno, a ogni doppia rotazione della manovella. Sarebbe d'uopo di moltiplicare le interruzioni quando l'esperienza lo esigesse.

6.

Macchina elettro-dinamica di Ladd.

Il giorno 14 Marzo 1867 il signor Ladd ha fatto conoscere alla Società Reale di Londra la sua macchina (1). Dalla metà di Maggio egli l'ha fatta funzionare all'Esposizione universale, della quale era una delle grandi curiosità. Il signor Ladd afferma che l'idea della sua macchina gli sia stata suggerita da un suo aiuto fino dall'anno 1864, ma quest'asserzione non essendo appoggiata ad alcun documento storico non può annullare i diritti del signor Siemens. Si potrà dire soltanto che se il sig. Siemens ha trovato il principio e ha costruito la prima macchina elettro-dinamica a un sol cilindro, il sig. Ladd fu il primo che fece funzionare una macchina a due cilindri, e che ottenne così senza calamite permanenti delle correnti di una ragguardevole intensità.

L'impiego dei due cilindri, o delle due armature di Siemens è ingegnosissimo. Una di queste armature, costantemente in comunicazione coll'elettrocalamita, è destinata a esaltarne la potenza; l'altra utilizza questa potenza per produrre una energica corrente che viene impiegata al di fuori dell'apparecchio.

La figura 6 rappresenta la disposizione essenziale della macchina di Ladd. E, E sono le elettro-calamite, esse sono rettangolari e disposte orizzontalmente. Le lastre di ferro dol-

(1) *Philos. Mag.* t. XXXIII, p. 544.

ce che servono di anima sono fissate con le estremità a due grossi pezzi di ferro dolce A B, A' B'. Queste masse polari sono riunite da piastre di ottone *l l*. L'apparecchio riposa così su due solidissimi sostegni ciascuno dei quali è attraversato dalla solita cavità cilindrica nella quale ruota un'armatura di Siemens S e S'. I commutatori di queste armature sono in contatto con un sistema di molle, che metton capo ai bottoni P e N, P' e N'. Ai bottoni P e N della prima armatura sono attaccate due delle estremità dei fili delle elettro-calamite le cui altre estremità sono riunite in F. Il filo è avvolto in maniera che, quando è attraversato da una corrente, le masse polari A e B' hanno un magnetismo di nome contrario.

Si fa passare pel filo, una volta per sempre, la corrente di una pila mettendo in comunicazione i suoi poli coi bottoni P e N. Si ha allora un po' di magnetismo permanente nelle elettrocalamite, ma questo è appena sensibile. Quando l'armatura S è mossa rapidamente questa piccola quantità di magnetismo rimasto vi produce una corrente indotta, in principio debolissima. Questa corrente passa pei bottoni P e N nelle elettro-calamite che diventano un po' più forti. Esse inducono allora una corrente più energica nell'armatura, e questa corrente è sempre impiegata ad aumentare l'energìa delle elettro-calamite. Ne risulta, dopo qualche giro, una considerevole magnetizzazione che si manifesta per un'attrazione assai energica.

Fin qui la macchina di Ladd non differisce punto da quella di Siemens. L'invenzione del fisico inglese risiede intieramente nella seconda armatura S' situata all'altra estremità delle elettro-calamite e che ne riceve, quando sono cariche, una intensissima induzione. Quest'armatura ha un diametro che è circa il doppio della prima; la corrente che essa produce va ai due bottoni P' e N', coi quali si mette in comunicazione un circuito esterno qualunque. La figura rappresenta la corrente che passa attraverso due punte di carbone, per produrre la luce elettrica.

All' Esposizione universale le due armature erano messe in movimento da due corregge mosse da una macchina a va-

pore. Esse consumavano la forza di un cavallo e ruotavano colla enorme velocità di 30 giri per secondo. La luce elettrica era presso a poco come quella che si ottiene con una pila di Bunsen di 40 elementi. Un filo di platino lungo un metro e del diametro di mezzo millimetro, diventava quasi istantaneamente incandescente al bianco.

Gli effetti di questa curiosa macchina sono rimarchevoli per attrarre l'attenzione dei fisici. Ma l' enorme velocità che è necessario di dare alle armature sarà per molto tempo ancora, io credo, un ostacolo contro l' applicazione industriale di queste macchine. Oltre le difficoltà di produrre, e sopratutto di mantenere, queste eccessive velocità, esse presentano un inconveniente affatto speciale. Il cangiamento rapido di polarità nel ferro delle armature le scalda oltre misura, al punto di bruciare l' involucro del filo se non ci si facesse attenzione. Infatti noi non abbiano visto funzionare la macchina di Ladd per lungo tempo, e l' esperienza non ci ha ancor mostrato qual sarebbe il risultato della sua azione se essa fosse continua.

Questo scaldamento inevitabile prova anche che le macchine elettro-dinamiche non compiono esattamente il loro programma, che è: la trasformazione del lavoro meccanico in elettricità; poichè una notevole parte di questo lavoro è trasformata in calore che, ben lungi di esser utile, è al contrario nocivo. Sarebbe interessante di poter misurare il calore così prodotto, poichè valutato in lavoro, e levato dal lavoro motore si saprebbe qual' è la parte di lavoro meccanico che realmente si è trasformata in corrente elettrica; e se si misurasse poi la corrente con delle opportune unità, si avrebbe la determinazione diretta dell'equivalente meccanico dell'elettricità.

7.

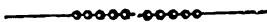
Piccola macchina elettro-dinamica.

Dopo l' Esposizione, il sig. Ladd in Inghilterra, e il sig. Ruhmkorff a Parigi costruiscono delle piccole macchine elettro-dinamiche che possono esser mosse da un sol uomo. In

queste macchine le due armature di Siemens, in luogo di essere separate, sono riunite su di un medesimo asse, ma in maniera che le loro facce polari sieno ad angolo retto sulla superfice del cilindro. L' elettro-calamita è verticale; essa è fissata in alto con una piastra di ferro dolce, e si appoggia in basso su due pezzi di ferro dolce fra i quali ruota il cilindro unico che porta le due armature. L' una di esse, che occupa un terzo del cilindro, comunica coll' elettro-calamita e serve a eccitarla; la seconda, che è lunga il doppio, comunica col circuito esterno nel quale si propaga la corrente sviluppata per l' induzione dell' elettro-calamita.

Il rocchetto a due armature incrocicchiate presenta qualche difficoltà di costruzione; il Dott. Schelben ha proposto di rimpiazzarla con un semplice rocchetto a due fili, disposti in una maniera conveniente, che per altro non ha indicato. Quest' idea è stata realizzata dal sig. Ruhmkorff. Sopra l'anima di ferro dell' armatura di Siemens, egli avvolge due fili le cui lunghezze stanno come 1 a 2, e che sono in comunicazione con due commutatori situati alle due estremità dell' asse. Per uno di questi commutatori il filo corto comunica coll' elettro-calamita, e il filo lungo, col circuito esterno. Questa combinazione semplifica la macchina senza levarle nulla della propria potenza.

L' inconveniente della grande velocità sussiste tanto nelle piccole quanto nelle grandi macchine; l' armatura deve fare sempre presso a poco 30 giri per secondo. Per neutralizzare lo scaldamento che ne risulta, il sig. Ladd ha trovato il mezzo di raffreddare il cilindro ruotante per mezzo di una corrente d' acqua che egli vi fa circolare internamente. È questo un importante perfezionamento che ci fa sperare non essere lontano il giorno in cui saranno superate definitivamente le difficoltà, che fin' ora hanno contrastato l' applicazione industriale delle macchine elettro-dinamiche.

C. M.

PREPARAZIONE DEL POTASSIO; DI MASSIMO LEVI DA VERCELLI.

L' apparecchio del Bumner usato nelle arti per la preparazione di questo metallo serve ottimamente a tale scopo, ma presenta un grave inconveniente, cioè l' altissima temperatura che richiede, facendosi la distillazione del potassio nel tempo stesso della sua riduzione. Il calore necessario a questa distillazione è tale che difficilmente lo fornisce un forno a riverbero anche alimentato da una forte corrente d' aria. Onde evitare la necessità di far la distillazione del potassio io propongo il metodo seguente:

Se ne prepara dapprima la lega coll' antimonio, riscaldando per tre o quattro ore in un crogiuolo lutato un miscuglio intimo d' antimonio metallico in polvere e di flusso nero. Si mette poscia l' antimoniuro con un eccesso di mercurio in un recipiente cilindrico di legno o di ferro laminato. Chiudesi ermeticamente il recipiente e gli s' imprime per due o tre ore un movimento di rotazione su se stesso. Il mercurio discioglie quasi tutto il potassio, senza toccare l' antimonio. Si ricava poscia il metallo alcalino per distillazione dell' amalgama. Bisogna aver cura di polverizzare sotto il petrolio la lega prima di esporla all' azione del mercurio.

FINE DEL VOLUME XXVIII.

INDICE

Sulla natura dell' acido contenuto nei frutti di una solanacea (*cyphomandra betacea*, Sendtn) — Ricerche di O. Silvestri . . . *pag.* 5

Intorno alla saturazione delle elettro-calamite — Julius Dub — Estratto da E. Villari . . . . » 10

L'aurora boreale o luce polare: suoi fenomeni e leggi — Prof. Elia Loomis — Estratto del Dott. C. Marangoni . . . . » 17

Intorno ad un libro del Prof. *Schiapparelli* sul clima di Vigevano — Prof. Emilio Villari . . . . » 61

Sulla maturazione dei frutti di banano (Musa sapientum L.) — Ricerche chimiche di O. Silvestri . . . . » 72

Osservazioni in seguito alla nota — Sulla guarigione di una fistola gastrica in un cane — Prof. G. Albini . . . . » 77

Notizie sulla vita e sui lavori di *Michele Faraday* — per M. A. De La Rive — Traduzione dal francese di Innocenzo Golfarelli . . » 79

Sopra la determinazione delle temperature variabili di una lastra terminata, quando la conducibilità non è la stessa in tutte le direzioni — Memoria di Enrico Betti. . . . . » 115

Delle trasformazioni del movimento meccanico in movimento calorifico osservabili nei corpi ruotanti — Nota del Prof. Vincenzo Riatti. » 125

Riflessi del Prof. Giovanni Cantoni su la precedente Nota del *Riatti*. » 133

Studii spettrali sulle comete — A. SECCHI . . . . *pag.* 136

Su un aspiratore ad efflusso costante — Nota di G. PISATI . . . . » 143

Sopra gli aeroliti caduti il giorno 29 Febbraio 1868 nel territorio di Villanova e Motta dei Conti (circondario di Casale Monferrato, Piemonte) — Nota del Prof. FRANCESCO DENZA . . . . » 145

Sperimenti e considerazioni su alcuni punti di elettro-chimica — Nota del Prof. GIOVANNI CANTONI . . . . » 153

Sul barometro a due liquidi — Considerazioni del Prof. G. PISATI . » 162

Nota all' articolo del Prof. *Pisati* — Prof. G. CANTONI . . . . . » 170

Esperienze sopra l' elettrotono che si sviluppa nei fili di zinco amalgamato, e platino foderati con uno strato uniforme di filo di cotone o di lino imbevuto di liquido — Dott. ECCHER . . . . » 171

Intorno alla genesi delle forme organiche irregolari negli uccelli e nei batrachidi — Ricerche di LUIGI LOMBARDINI . . . . » 186

Una nuova camera chiara — Dott. STANISLAO VECCHI . . . . » 210

Su alcuni principii d' idrostatica — Riflessi del Professor GIOVANNI CANTONI. . . . . » 217

Ricerche sulla polarizzazione del calorico di 100° C. e sul movimento che accompagna la propagazione del calore per conducibilità — G. MAGNUS. — Traduzione fatta da E. VILLARI . . . . » 230

Intorno alla genesi delle forme organiche irregolari negli uccelli e ne' batrachidi — Ricerche di LUIGI LOMBARDINI (*continuaz. e fine*) » 245

Spiegazione delle figure dell' articolo precedente . . . . » 309

Nuovo metodo per preparare l' azoto — MASSIMO LEVI . . . . . . » 311

Della polisimmetria e del polimorfismo dei cristalli — Memoria seconda per ARCANGELO SCACCHI . . . . » 313

L'eclissi del 18 Agosto 1868 — Nota del Dott. C. MARANGONI . . . » 358

Cannello ad aria per gli assaggi mineralogici — MASSIMO LEVI . . » 360

Della polisimmetria e del polimorfismo dei cristalli — Memoria seconda per ARCANGELO SCACCHI (*continuazione*) . . . . » 261

Carlo Matteucci — A. DE LA RIVE — Traduzione di I. GOLFARELLI . » 384

Sopra alcuni calcari giurassici di Giardini presso Taormina (in Sicilia) e sulla loro importante utilità per la fabbricazione della calce idraulica — Notizie geologiche e analisi chimiche di O. SILVESTRI *pag.* 390

Prova del diamante — MASSIMO LEVI da Vercelli. . . . . » 407

Sopra le nuove macchine d'induzione — del sig. BERTIN — Traduzione di C. M. . . . . » 408

Preparazione del potassio — MASSIMO LEVI da Vercelli . . . . . » 423